LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS
28 OCT 1913
REMOTE STORAGE

Untersuchungen über den Einfluss einiger chemischer Agentien auf die Keimfähigkeit der Kartoffelknolle.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

DER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER

FRIEDRICH-ALEXANDERS-UNIVERSITÄT
ERLANGEN

vorgelegt von

Emil Nicklisch

aus Lindenau.

Tag der mündlichen Prüfung: 2. November 1912.

Berlin 1912.
Buchdruckerei von W. Röwer, Elsasserstr. 5.

07

5-81.16
N53u REMOTE STORAGE

Inhaltsübersicht.

		Seite
I.	Einleitung	5
II.	Ausführung	10
	A. Versuche mit Schwefelsäure	10
	1. Theoretische Vorbemerkungen	10
	2. Praktischer Teil	11
	a) Vorversuche	11
	b) Hauptversuche	14
	c) Bemerkungen zu den Tabellen 2—4	16
	B. Versuche mit Salzsäure	17
	1. Theoretische Vorbemerkungen	17
	2. Praktischer Teil	18
	a) Vorversuche	18
	b) Hauptversuche	18
	c) Bemerkungen zu den Tabellen 5—7	20
	C. Versuche mit Kochsalz	21
	1. Theoretische Vorbemerkungen	21
	2. Praktischer Teil	23
	a) Versuche	23
	b) Bemerkungen zu den Tabellen 8—10	25
	D. Versuche mit Kupfervitriol	26
	1. Theoretische Vorbemerkungen	26
	2. Praktischer Teil	29
	a) Versuche	29
	b) Bemerkungen zu den Tabellen 11—13	31
	E. Versuche mit Kohlenmonoxyd	31
	1. Theoretische Vorbemerkungen	31
	2. Praktischer Teil	34
	a) Versuche	34
	b) Bemerkungen zu den Tabellen 14—16	37
	F. Versuche mit Kohlensäure	38
	1. Theoretische Vorbemerkungen	38
	2. Praktischer Teil	40
	a) Versuche	40
	b) Bemerkungen zu den Tabellen 17—19	43
	G. Zusammenfassung der Ergebnisse	43
	H. Theoretische Nachbemerkungen	44
III.	Schluß	47
	Literaturverzeichnis	48

Die Kartoffelknollen erleiden nach der Ernte, vom ersten Augenblicke nach der Entnahme aus der Erde an, fortgesetzt einen Gewichtsverlust. Bei denjenigen Knollen, die bis zum Frühjahr aufbewahrt werden, lassen sich drei Perioden der Gewichtsabnahme unterscheiden:

1. die Periode des Einschlafens,
2. die Periode des Winterschlafs,
3. die Periode des Erwachens.

In den ersten Wochen nach der Ernte tritt hauptsächlich die Verdunstung des infolge von Adhäsion und Adsorption an der Kartoffelschale haftenden tropfbar flüssigen und gasförmigen Wassers ein. „Die Düften düften", sagt man in manchen Gegenden bezüglich dieses Vorganges, der für die Konservierung der zu überwinternden Kartoffeln von eminenter Wichtigkeit ist. Ein durch die Gewichtsverminderung bedingter Verlust ist nur scheinbar, da durch jenes Verdunsten ein Verbrauch von organischer Substanz nicht stattfindet.

Einige Wochen nach dem Einernten ist das anhaftende Wasser verschwunden: die Knolle schläft. Aber sie ist nicht tot, und deshalb erleidet sie auch in der Periode des Winterschlafes einen Gewichtsverlust, der teils durch Verdunstung des in den Knollen enthaltenen Wassers, teils durch Veratmung der organischen, besonders der stickstoffhaltigen Bestandteile herbeigeführt wird. Die Vorgänge, welche sich in der ruhenden Knolle abspielen, sind nach H. Müller-Thurgau[43]) dreierlei Art: 1. Atmung, 2. Zuckerbildung, 3. Stärkerückbildung. Die Atmung vollzieht sich im Protoplasma; sie ist ein vitaler Prozeß. Von chemischer Natur aber ist die Zuckerbildung aus Stärke. Es entstehen Trauben- und Rohrzucker, und zwar von ersterem mehr als von letzterem. Die Umwandlung wird wahrscheinlich durch ein Ferment hervorgerufen, aber nicht durch Diastase; denn diese kommt in der Kartoffelknolle nicht vor, und sie liefert bei der Einwirkung auf Stärke nicht die genannten Zuckerarten, sondern Dextrin und Maltose. Allerdings fand in neuerer Zeit Adolf Mayer[40]) Diastase in

alten ausgekeimten Knollen in ziemlicher Menge, während sie in jungen nicht nachgewiesen werden konnte. Die Stärkerückbildung zeigt sich an süßen Kartoffeln, die man während einiger Zeit in einen wärmeren Raum bringt; sie erhöhen ihren Stärkegehalt auf Kosten des Zuckers.

Der Wasserverlust beträgt, wie Wollny[67]) fand, das Dreibis Vierfache der Kohlensäureabgabe. Die letztere ist nahezu konstant, während die Wassertranspiration im März zunimmt und auf das Doppelte der früheren Perioden steigt. Der Gewichtsverlust betrug in der kälteren Jahreszeit bis zur Saatzeit (1. Mai) im Durchschnitt 6,17 %, in der folgenden wärmeren Periode bis zum nächsten Herbst durchschnittlich 21,57 %.

Die größten Verluste, welche die Kartoffelknollen an organischer Substanz erleiden, finden, wie Wollny[67]) gezeigt hat, in der Zeit statt, die zwischen dem Beginn der Knospenentwicklung und dem Verbrauch der Knollen zur Saat liegt, also in der Periode des Erwachens. Deshalb sind alle Einflüsse, welche die Lebenstätigkeit der ruhenden Knollen anregen, schädlich für die Erhaltung der wertvollen Bestandteile in den Kartoffeln.

Nobbe[47]) hat durch zahlreiche Versuche festgestellt, daß der Lichtzutritt keinen wahrnehmbaren Einfluß auf den Gewichtsverlust der Kartoffelknollen ausübt; dagegen wirken Wärme und Feuchtigkeit der Umgebung sehr erheblich auf die Gewichtsabnahme ein, erstere in positivem, letztere in negativem Sinne. Andrerseits begünstigt die Feuchtigkeit der umgebenden Luft bei hinreichender Wärme den Keimprozeß der Knollen und führt dadurch zur Gewichtsverminderung. Diese war z. B. in der Zeit vom 1. Mai bis zum 7. Juni größer als in den vorangegangenen Monaten zusammengenommen.

Bei der Aufbewahrung der Knollen muß deshalb das Augenmerk darauf gerichtet sein, die Keimung der Knollen möglichst zu verzögern. Keller sind demnach zur Überwinterung der Kartoffeln geeignet, wenn sie trocken sind und ihre Temperatur dauernd niedrig bleibt. Werner[66]) bemerkt in dieser Beziehung: „Das Einkellern entspricht, sobald die Kellerlüftung nicht eine sehr vorzügliche ist, am wenigsten den Anforderungen, die an eine gute Aufbewahrung zu stellen sind; denn weil in den Kellern die Aufschichtung sehr hoch geschehen muß, wird auch die Erwärmung und ihr entsprechend die

Wasserverdunstung sehr stark sein. Die dadurch erzeugte warme und feuchte Luft läßt sich jedoch nicht schnell genug aus den Kellern entfernen, infolgedessen sich an der Decke der Wasserdunst niederschlägt und auf die Knollen tropfbarflüssig zurückfällt.“ In Mieten kann während der kälteren Jahreszeit ohne Schwierigkeit die erforderliche niedrige Temperatur geboten werden; doch im Frühjahr steigt diese leicht beträchtlich an. Durch stärkeres Bedecken der Mieten im Frühjahr kann infolge des dadurch herbeigeführten Luftabschlusses die Keimung der Kartoffelknollen wohl verhütet werden; aber es besteht die hohe Gefahr, daß ein großer Teil des Vorrates durch Fäulnis vernichtet wird. Ein gutes Verfahren besteht darin, daß die Knollen im zeitigen Frühjahre auf frostfreien, luftigen, trockenen Böden in dünner Lage ausgebreitet und durch öfteres Umschaufeln von der im Innern der Schichten sich bildenden Wärme befreit werden. Die Ansprüche an Raum, Arbeitskraft und Kosten sind dabei natürlich groß.

In neuester Zeit sucht man die beträchtlichen Verluste, die durch Veratmung organischer Substanz und durch Keimbildung entstehen, bei den zur Fütterung bestimmten Kartoffeln durch Trocknen der Knollen zu vermeiden. Wir finden diesbezüglich bei Remy[50]) folgende Stelle: „Die Kartoffeltrocknung ist an sich das Ideal der Aufbewahrung. Als besondere Vorteile wären hervorzuheben:

1. eine Verringerung der Verluste, welche infolge von Veratmung, Auskeimung und Fäulnis der Kartoffel Jahr für Jahr entstehen und einen hohen Prozentsatz der Ernten verschlingen;
2. eine weit ausgedehntere Verwendungsmöglichkeit der Kartoffeln in zum Teil ganz neuen Absatzbahnen, sowohl für Fütterungs-, Nahrungs-, als auch für technische Zwecke.“

Versuche, die mit getrockneten Kartoffelknollen als Futtermittel für verschiedene Tierarten angestellt worden sind, ergaben günstige Resultate.

Für die als Saatgut bestimmten Knollen würde das Auskeimen vor dem Einbringen in die Erde an und für sich noch keine Schädigung bedeuten, da die in den Keim übergetretenen Stoffe für das Wachstum der Pflanze nicht verloren sind.

Dennoch tritt auch hier leicht ein Nachteil dadurch ein, daß eine große Anzahl der Keime beim Aufladen, beim Transport und beim Auslegen der Knollen abgebrochen werden; und zwar sind das hauptsächlich die kräftigen Kronkeime, da sich diese ja zuerst entwickeln. Durch diese Beschädigung der Knollen wird aber der Vegetationswert der oberirdischen Pflanzenstengel vermindert oder doch die Entwicklung derselben verzögert, und in beiden Fällen ist die Möglichkeit eines geringeren Ernteertrages gegeben. Werner[66]) bemerkt in dieser Beziehung: „Gemeinhin ist die mittelste Knospe eines jeden Auges am kräftigsten, die ihr zur Seite gelegenen sind im Grade ihrer Ausbildung weiter zurück. Treibt eine Knospe des Auges aus, so bleiben die andern neben ihr meistenteils, doch nicht immer, zurück; wird die treibende Knospe aber entfernt, so entwickeln sich statt ihrer mehrere Nebenknospen, daher sich nach dem ersten Abkeimen die Zahl der hervorbrechenden Keimtriebe vermehrt, die aber schwächer als die der ersten Generation sind; aus diesem Grunde ist das Abkeimen der Saatkartoffeln zu vermeiden."

Die Verwendung roher gekeimter Kartoffeln als Viehfutter ist wegen des in den Keimen gesteigerten Solaningehaltes bedenklich.

Besonders große Summen gehen jährlich durch das Keimen der Speisekartoffeln verloren; denn die Keime müssen vor der Zubereitung der Kartoffeln beseitigt werden, und die Verhinderung der Keimung im Frühjahr und Sommer scheitert meist an dem Mangel geeigneter Aufbewahrungsräume. Die Meinung mancher Laien, daß der Verlust an wertvollen Stoffen bei gekeimten Speisekartoffeln nicht besonders erheblich sei, da die zur Keimbildung verbrauchten Stoffe doch aus derjenigen Region der Knolle stammen, die beim Schälen abfällt, ist für den nicht stichhaltig, der die Keimungsgeschichte der Kartoffelknolle kennt, die von Sorauer[60]) eingehend studiert worden ist. Nach den Angaben dieses Forschers geschieht in der keimenden Kartoffelknolle die Umwandlung von Stärke in Zucker zuerst allerdings in den Zellen, die dem Keimauge benachbart sind. Dennoch wird zuerst das Zentrum des Markgewebes stärkeleer. Dies kommt daher, daß die an der Verbrauchsstelle gelöste Stärke durch solche der nach innen benachbarten Zellen fort und fort ersetzt wird. Dieser nach

den Keimaugen gerichtete Stärkestrom setzt sich bis in die Mitte der Knolle fort, so daß dort zuerst ein vollständiger Mangel an Stärke eintreten muß.

Die Beobachtungen, daß jahraus, jahrein gewaltige Summen an Nationalvermögen durch das zwecklose oder unzeitige Keimen der Kartoffelknollen vernichtet werden, da die in der vorstehenden Ausführung angegebenen Mittel zur Keimungsunterdrückung oder Keimungsverzögerung wegen der großen Ansprüche an Raum und Arbeitskraft meist nicht angewandt werden und oft nicht angewandt werden können, führten mich auf den Gedanken, ob nicht mindestens eine Keimungshemmung durch entsprechende Einwirkung von chemischen Agentien auf die Kartoffelknollen herbeigeführt werden könnte.

Da fand ich im Konversationslexikon von Meyer[41]) folgende Notiz: „Um die bedeutenden Verluste, welche durch das Keimen der zum Konsum bestimmten Kartoffeln entstehen, hintanzuhalten, empfiehlt Schribaux zehnstündiges Einquellen der Kartoffeln in einer 2prozentigen Lösung von gewöhnlicher im Handel vorkommenden Schwefelsäure (1 hl Lösung auf 100 hl Kartoffeln), wobei die bis 2 mm tief eindringende Schwefelsäure die Knospen desorganisiert, ohne die Schale der Knollen anzugreifen. Die behandelten Knollen müssen zunächst vollständig abtrocknen, können dann aber weit über ein Jahr hinaus gesund erhalten werden.“ All mein Suchen nach der entsprechenden Abhandlung von Schribaux war vergeblich. Selbst die Verlagsbuchhandlung jenes Lexikons konnte mir keinen Aufschluß geben, da der Verfasser des angezogenen Artikels im Meyerschen Werke verstorben war. Zudem war es auffällig, daß in einer neueren Auflage von Meyers Konversationslexikon eine Bezugnahme auf Schribaux nicht mehr stattfand. Ich beschloß daher, auf Anregung von Herrn Professor W. Magnus, selbst Versuche mit verschiedenen Chemikalien nach der fraglichen Richtung hin anzustellen. Allerdings leitete mich dabei nicht nur die praktische Idee, sondern es interessierte mich mehr noch das wissenschaftliche Problem, wie die verwendeten Agentien wirken würden.

Versuche, um das Keimen der Kartoffeln durch Chemikalien zu verhindern, hat bereits ein Arzt angestellt. Der ungenannte Verfasser eines diesbezüglichen Schriftchens[46]) empfiehlt die Benutzung von Karbolsäure. Diese muß in Dampfform dann

auf die Knollen einwirken, wenn diese anfangen zu keimen. Dem Autor ist es nach seinen Angaben durch sein Verfahren gelungen, die Keimung der Kartoffeln zu unterdrücken und die Knollen bis in den Juni hinein schmackhaft zu erhalten. Seine Methode dürfte wenig bekannt sein und vielleicht des Geruches wegen selten angewandt werden.

Für meine Versuche beschloß ich, vorläufig die Wirkung von nur einigen charakteristischen Stoffen zu untersuchen, diese Stoffe aber in variabler Konzentration und bei verschiedener Expositionszeit zu prüfen. Die Genießbarkeit der Knollen sollte durch die Behandlung nicht leiden. Ich wählte:

1. Schwefelsäure, und zwar hauptsächlich deshalb, um die Angaben von Schribaux nachzuprüfen;
2. Salzsäure, da diese in starker Verdünnung dem Magen nicht schädlich ist;
3. Kochsalz, aus demselben Grunde;
4. Kupfervitriol, da dieses Salz von den Knollen nicht aufgenommen wird, wie die Untersuchungen von Otto[48]) bewiesen haben;
5. Kohlenmonoxyd und 6. Kohlendioxyd, da diese Gase durch Lüften und Waschen der Knollen leicht beseitigt werden können.

Es gelangten also zur Anwendung eine Sauerstoffsäure, eine Halogenwasserstoffsäure, ein Halogensalz, ein Sauerstoffsalz, ein ungesättigtes und ein gesättigtes Gas. Verwendet wurde von mir die Dabersche Kartoffel, und deshalb gelten die gefundenen Resultate vorläufig auch nur für diese Sorte.

Ich gestatte mir nun, die von mir angewandten Untersuchungsmethoden zu beschreiben und die Ergebnisse mitzuteilen, zu Anfang jeder Versuchsreihe aber die theoretischen Möglichkeiten zu erörtern.

A. Versuche mit Schwefelsäure.

1. Theoretische Vorbemerkungen.

Daß Schwefelsäure die Kartoffelkeimung verhindern soll, ohne ihren Nähr- und Geschmackswert zu schädigen, behauptet nach Meyers Konversationslexikon Schribaux. Ferner schreibt Frank[15]): „Freie Säuren sind, gleichgültig von welcher che-

mischen Art, sobald sie in einigermaßen größerer Menge vorhanden sind, den Pflanzen nachteilig.“ Da nun nach Schribaux ein Durchdringen der Kartoffelschale nicht stattfindet, so schien die Schwefelsäure geeignet, die gestellte Aufgabe zu lösen.

Versuche über die Beeinflussung der Keimfähigkeit der Kartoffeln durch verdünnte Schwefelsäure stellte Rüder[53]) im Jahre 1846 an; doch seine Fragestellung war eine ganz andere als die in der vorliegenden Arbeit. Sie lautete: „Welche Beizen die wirksamsten, welche die wohlfeilsten und doch wirksam sind, um den Krankheitsstoff (der Kartoffelfäule) zu töten und so die ungestörte Entwicklung der Staude zu sichern?“ Er nahm Wasser, das mit 4% Schwefelsäure vermischt war, und beizte mit 1 Lot der Flüssigkeit $12^1/_2$ Lot Kartoffeln. Über die Zeit der Einwirkung macht er keine Angabe. Die meisten Knollen keimten, doch ließ sich eine Gesetzmäßigkeit nicht feststellen.

2. Praktischer Teil.

Die von mir mit Schwefelsäure angestellten Versuche stellen zwei Gruppen dar: erstens Vorversuche, zweitens Hauptversuche. Die ersteren erstrecken sich auf die Zeit vom Februar 1911 bis zum Herbste desselben Jahres, die Hauptversuche auf die Monate Februar und März 1912. Die beiden Arten unterscheiden sich wesentlich dadurch von einander, daß bei den Vorversuchen lediglich festgestellt wurde, ob die Kartoffelknollen nach der Behandlung keimten und wie sich die gekeimten Kartoffeln im Felde entwickelten, während bei den Hauptversuchen durch Messen der sich bildenden Keime die Untersuchung der eventuellen Keimungshemmung oder Keimungsförderung in den Vordergrund gerückt wurde.

a. Vorversuche.

Reine, konzentrierte Schwefelsäure vom spez. G. 1,18 wurde mit Leitungswasser verdünnt, und zwar wurden Konzentrationen von $^1/_2$, 1, 2, 3, 4 und 5% hergestellt. Die Verdünnung geschah nach dem absoluten Gewicht der Komponenten bei 15^0 C., da eine Notwendigkeit, den Prozentsatz nach dem Molekulargewicht der Bestandteile festzusetzen, nicht vorlag; denn nach den Untersuchungen von Hansteen[21]) besteht eine

Beziehung zwischen Atomgewicht und Giftigkeit der von ihm untersuchten Stoffe nicht. Er fand, daß die Giftwirkung der reinen Salzlösungen eine spezifische Funktion der Kationen ist. Es zeigten nun Natrium und Kalium auf Weizenwurzeln nahezu gleiche Giftwirkung, obgleich ihre Atomgewichte mit 23 und 39 recht verschieden sind. — Die Verdünnungsmethode nach dem absoluten Gewicht wurde von mir auch bei den übrigen Versuchen angewandt. —

In jede Lösung wurden 3 Kartoffeln neben einander gelegt, jede mit dem Nabel nach unten, so daß jede Knolle vollständig von der Flüssigkeit bedeckt war. Mit jeder Konzentration wurden vier Abteilungen behandelt, nämlich I) 6, II) 12, III) 24, IV) 48 Stunden lang. Die Glasgefäße wurden mit Papierschirmen bedeckt, um den Einfluß des Lichtes abzuhalten und die Verdunstung der Flüssigkeit möglichst einzuschränken. Durch öfteres, vorsichtiges Umrühren der Flüssigkeit mit einem Glasstabe wurde der Scheidung derselben in Säure und Wasser vorgebeugt. Das Einlegen der Knollen wurde so bewerkstelligt, daß alle, die mit Säure von derselben Konzentration behandelt wurden, gleichzeitig aus der Flüssigkeit genommen wurden. Für jede Konzentration wurden 3 Kontrollkartoffeln $22^1/_2$ Stunden lang — das ist das arithmetische Mittel der vier Einwirkungszeiten — in Leitungswasser gelegt und dann ebenso wie die gebeizten Knollen behandelt. Diese wurden, nachdem sie aus der Säure entfernt worden waren, reichlich mit Leitungswasser abgespült, bis das Spülwasser mit Baryumhydrat keine Schwefelsäurereaktion mehr zeigte. Darauf wurden alle Kartoffeln im Dunkeln an der Luft getrocknet, bis sie das ursprüngliche Gewicht wieder hatten, und dann im Keller luftig und im Dunkeln 8 Wochen lang bei einer Temperatur, die sehr wenig von 10^0 C. abwich, aufbewahrt. Es ergaben sich folgende Resultate nach 8 Wochen:

Tabelle 1.

Tabelle 1.

Nr.	Konzentration	Zeit Std.	Ergebnis
1.	½ %	6	Die Knollen hatten Keime.
2.		12	
3.		24	
4.		48	Die Knollen hatten keine Keime.
5.	1 %	6	Die Knollen hatten Keime.
6.		12	
7.		24	
8.		48	Die Knollen hatten keine Keime.
9.	2 %	6	Die Knollen hatten schwache Keime.
10.		12	
11.		24	Die Knollen hatten keine Keime.
12.		48	
13.	3 %	6	Die Knollen hatten schwache Keime.
14.		12	
15.		24	Die Knollen hatten keine Keime.
16.		48	
17.	4 %	6	
18.		12	
19.		24	
20.		48	
21.	5 %	6	
22.		12	
23.		24	
24.		48	

Die Kontrollkartoffeln, die vollständig reguläre Keimung zeigten, und diejenigen Versuchskartoffeln, die mit Keimen versehen waren, wurden am 15. April 1911 auf das freie Feld gepflanzt. Der Ackerboden war ein leichter Sand, der zuletzt im Frühjahr 1910 mit Kuhmist mäßig gedüngt worden war.

Die Kartoffeln liefen ziemlich gleichmäßig im ersten Drittel des Monats Mai auf, und die Stauden zeigten keinen wesentlichen Unterschied. Am 16. Mai erfroren sie alle gleichmäßig, erholten sich wieder und entwickelten sich in annähernd gleicher Weise. Das Absterben der Blätter vollzog sich auch ziemlich gleichzeitig. Die neuen Knollen wurden am 1. September geerntet. Der Ertrag schwankte hinsichtlich der Zahl und der Größe der Knollen nur in geringen Grenzen. Beim Kochen der Knollen zeigte sich bezüglich der Qualität kein Unterschied.

Es ergibt sich also aus diesen Vorversuchen, daß Kartoffeln, die 48 Stunden lang mit $^1/_2$—5prozentiger, oder 24 Stunden lang mit 2—5prozentiger oder 6 und 12 Stunden lang mit 4—5prozentiger Schwefelsäure gebeizt worden sind, die Keimkraft verloren haben; daß aber eine Behandlung der Knollen mit 2—3prozentiger Schwefelsäure, wenn die Einwirkung 12 Stunden nicht überschreitet, oder mit $^1/_2$—1 % und höchstens 24stündiger Behandlung eine Schädigung der Vegetation und des Ertrages der Kartoffeln nicht ausübt.

b. Hauptversuche.

Die Behandlung der Knollen wurde in derselben Weise ausgeführt wie bei den Vorversuchen. Die Konzentration wurde auf $^1/_2$, 1, 2, 3 und 4 % eingestellt. Die Reaktionszeiten betrugen wieder 6, 12, 24 und 48 Stunden. Nachdem die gut abgespülten Knollen lufttrocken geworden waren, wurden sie auf 1 g genau gewogen, dann in Holzkästen, die zur Hälfte mit feuchtem Sande gefüllt waren, gesetzt, und zwar jede mit dem Nabelende nach unten. Zu den Knollen jeder Konzentrationsstufe gehörten 3 Kontrollkartoffeln. Die Kästen wurden mit einem Papierschirm überdeckt und dann in ein luftiges Zimmer gestellt, in welchem die Temperatur während der Versuchsdauer stets zwischen + 8 und + 12° C. lag. Allwöchentlich wurden sämtliche Keime der Kartoffeln gemessen und die Längenzunahme aller Keime der Knollen einer Konzentrationsstufe, die gleich lange mit der Säure behandelt worden waren, addiert. Die Maße der längsten und dicksten Keime (Durchmesser) wurden ebenfalls festgestellt. Nach 5 Wochen wurden die Keime abgebrochen und diese sowohl wie die entkeimten Knollen gewogen. Darauf wurde das Gewicht der Keime und der Gewichtsverlust der Kartoffelknollen auf 100 g Substanz berechnet. Es ergaben sich folgende Werte:

Tabelle 2.

Tabelle 2.

Konzentration	Expositionszeit Std.	Zahl der Keime nach der 1.W.	2.W.	3.W.	4.W.	5.W.	Gesamtkeimlänge in mm nach der 1. W.	2. W.	3. W.	4. W.	5. W.	Längenzunahme in % nach der 2. W.	3. W.	4. W.	5. W.
0 %	22½	10	13	17	18	19	14,6	31,8	80,0	145,6	176,4	117,8	151,6	82,0	21,2
½ %	6	5	6	10	10	9	8,0	26,0	55,1	69,2	87,1	225,0	111,5	27,3	26.1
	12	4	5	7	7	7	6,2	10,0	14,1	51,2	55.2	61,3	41,0	264,3	7,8
	24	0	1	2	2	2	0	2,0	8,9	17,1	21,4	—	395,0	92,1	25,1
	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—
1 %	6	0	4	4	6	10	0	4,0	5,0	16,1	31,2	—	25,0	222,0	93,9
	12	0	1	1	3	3	0	2,0	3,0	17,2	19,2	—	50,0	473,3	11,6
	24	0	0	3	8	8	0	0	2,8	15,0	28,3	—	—	435,7	88,7
	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—
2 %	6	0	2	3	7	7	0	4,0	6,8	8,0	23,3	—	70,0	17,6	191,3
	12	0	0	1	1	3	0	0	0,5	4,0	10,8	—	—	700,0	170.0
	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—
	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—
3 %	6	0	0	0	4	4	0	0	0	30,0	35,3	—	—	—	17,7
	12	0	0	0	3	3	0	0	0	8,0	20.4	—	—	—	155,0
	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—
	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	–	—
4 %	6														
	12														
	24	0					0					—			
	48														

Tabelle 3.

Konzentration	Expositionszeit Std.	Der längste Keim in mm nach der 1.W.	2. W.	3. W.	4. W.	5. W.	Der dickste Keim in mm nach der 1.W.	2.W.	3 W	4.W.	5.W.	Gewicht der abgebroch. Keime in g	Gewicht der Knollen vor d. Versuch g	Gewicht der Knollen nach d. Versuch g
0 %	22½	2,1	4,1	10,0	18,6	21,5	1,0	2,2	4,5	4,8	5,0	1,115	80	75
½ %	6	1,7	5,2	10,3	14,8	15,8	0,7	2,5	4,1	5,9	7,8	0,325	80	77
	12	1,7	2,5	5,2	10,1	10,2	0,5	2,0	4,0	5.0	5,9	0,220	91	83
	24	—	2,0	7,8	12,0	13,2	0,5	1,5	4,1	5,3	5,9	0,109	80	76
	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	70	63
1 %	6	—	1,2	2,0	8,1	12,0	—	0,8	1,0	5,0	5,8	0,053	90	83
	12	—	2,0	3,0	8,1	8,3	—	1,0	1,2	5.0	5,2	0,048	90	82
	24	—	—	1,2	3,0	5,1	—	—	1,5	3,0	3,9	0,050	105	98
	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80	75
2 %	6	—	2	3	7	7	—	1,0	1,1	1,2	3,6	0,039	78	74
	12	—	—	1	1	3	—	—	0,5	2,9	5,1	0,020	85	81
	24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	105	97
	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	105	97
3 %	6	—	—	—	9,6	12,7	—	—	—	3,1	4,7	0,025	85	78
	12	—	—	—	7,0	12,5	—	—	—	5,1	5,8	0,018	78	74
	24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	95	89
	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	98	90
4 %	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	75	70
	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	95	87
	24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	85	69
	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	85	80

Tabelle 4.

Konzentration	Expositionszeit Std.	Auf 100 g Substanz kommen: Keime g	Auf 100 g Substanz kommen: Gewichtsverlust g	Bemerkungen
0 %	22½	1,394	6,25	
½ %	6	0,406	3,75	
	12	0,242	8,8	
	24	0,136	5,0	
	48	—	10,0	
1 %	6	0,057	7,8	
	12	0,053	8,9	
	24	0,048	6,7	
	48	—	6,25	
2 %	6	0,052	5,1	
	12	0,024	4,7	
	24	—	7,6	
	48	—	7,6	
3 %	6	0,029	3,5	
	12	0,023	5,1	
	24	—	6,3	
	48	—	8,2	
4 %	6	—	6,7	
	12	—	8,4	
	24	—	18,8	Eine Knolle verfault.
	48	—	5,9	

c) Bemerkungen zu den Tabellen 2—4.

Die Zahl der Keime war bei den nicht mit Säure behandelten Kartoffeln die weitaus größte. Bei 48stündiger Einwirkung der Säure fand bei den angewandten Konzentrationsstufen eine Keimung während der Versuchszeit nicht statt, ebenso bei 24stündiger Einwirkung von 2—4prozentiger Säure. Bei 4prozentiger Flüssigkeit fehlte die Keimbildung auch bei 6 und 12stündiger Expositionszeit. Die Gesamtlänge der Keime blieb bei den mit Säure behandelten Knollen wesentlich zurück gegen diejenige der Kontrollkartoffeln. Das Gewicht der Keime stand im entsprechenden Verhältnisse zur Keimlänge. Dagegen war der Gewichtsverlust bei den Knollen, die gekeimt hatten, meist kleiner als der bei den sterilisierten. Es ist diese auffällige Erscheinung vielleicht so zu erklären, daß die Kartoffelschale durch den Einfluß der Säure für Wasser permeabel geworden ist, so daß eine lebhaftere Wasserabgabe stattfinden konnte. Bei der 4prozentigen Säure war die Schale bis in die mit Farbstoff gefüllten Zellen mit der Versuchsflüssigkeit durch-

setzt; diese Kartoffeln waren ungenießbar. Bei den übrigen Konzentrationen war die Schale intakt, und der Genuß zeigte keine schädliche Wirkung.

Die von Schribaux angegebenen Daten, nämlich 2% und 10 Stunden, würden nicht ganz genügen, um die Keimung hintanzuhalten. Dies hat seinen Grund vielleicht darin, daß Schribaux gewöhnliche käufliche Schwefelsäure benutzte, während ich chemisch reine Säure anwandte. Die erstere enthält stets eine wechselnde Menge von Arsenverbindungen.

B. Versuche mit Salzsäure.

1. Theoretische Vorbemerkungen.

Da die Salzsäure mit zu den stärksten Mineralsäuren gehört, so waren von ihr ähnliche Einwirkungen auf die Keimung der Kartoffelknollen zu erwarten wie von der Schwefelsäure.

De Candolle[8]) sagt bezüglich der Einwirkung der Salzsäure auf Pflanzen folgendes: „La couleur des tiges tend promptement au rose, et les plantes meurent très vite; les cellules et vaisseaux, observés au microscope, ne paraissent point déchires, mais les cellules sont affaissées.“

Mit dem Einfluß der Salzsäure auf die Keimung von Samen beschäftigte sich de Saussure,[55]) um die Angaben Humboldts, daß die Samen in sehr verdünnter Salzsäure keimten, nachzuprüfen. de Saussure fand bei seinen Versuchen diese Angabe bestätigt; es war diese Substanz die einzige Säure, welche jene Wirkung hervorrief. Humboldt benutzte aber, wie Boussingault[6]) angibt, Chlorwasser. Um den Samen von Clusia rosea zur Keimung zu bringen, wandte er allerdings Salzsäure an, aber im Gemisch mit Braunstein und Wasser; dabei entsteht Chlor. Graeger,[7]) der Übersetzer von Boussingaults Werk, behauptet in einer Anmerkung: „Nicht das Chlor allein, sondern auch Chlorwasserstoffsäure, sowie vielleicht noch andre Säuren, die nicht zerstörend auf die Organisation des Samens einwirken, begünstigen das Keimen.“

Pfeffer[49]) schreibt von der Entdeckung verschiedener Forscher, daß die Giftwirkung verdünnter Säuren von dem Grade ihrer elektrolytischen Dissoziation abhänge. Da die

Salzsäure in verdünntem Zustande weitgehend in die Ionen gespalten ist, müßte ihr eine hohe Giftigkeit zukommen.

2. Praktischer Teil.

a. Vorversuche.

Das Verfahren bei der Präparierung der Knollen und die Aufbewahrung derselben waren genau so wie bei den Vorversuchen der ersten Reihe. Es wurden $^1/_2$ bis 4prozentige Lösungen von chemisch reiner Salzsäure vom spez. Gew. 1,19 verwendet. Es zeigten die Knollen, die mit 1prozentiger Lösung 48 Stunden lang und die mit 2—4prozentiger Lösung 24 und 48 Stunden lang behandelt worden waren, ganz unwesentliche Keime. Diese Kartoffeln wurden ebenso wie diejenigen der ersten Vorversuchsreihe, die nicht gekeimt hatten, bis zum 22. Oktober 1911 aufbewahrt. Während dieser Zeit war eine Anzahl verfault, so daß die Behandlung der Kartoffelknollen in der angegebenen Weise als ein Vorbeugungsmittel gegen Fäulnis nicht geeignet ist. Der Rest hatte eine erhebliche Gewichtsverminderung erlitten, die durchschnittlich 27,3% betrug. Die Schale war runzelig und wurde auch nach 24stündigem Liegen in Leitungswasser nicht wieder glatt. Eine Gewichtszunahme nach gehöriger Lufttrocknung war nicht zu konstatieren. Die Knollen wurden abgekocht, doch sie waren ungenießbar. Schribaux behauptet das Gegenteil.

Die Kartoffeln mit kräftigen Keimen wurden ebenso wie die entsprechenden von der Schwefelsäurebehandlung in das freie Feld gepflanzt. Bezüglich der Quantität und Qualität des Ertrages gilt dasselbe, was bei der ersten Vorversuchsreihe gesagt worden ist.

b. Hauptversuche.

Die Hauptversuche mit Salzsäure wurden in genau derselben Weise angestellt, wie es bei der Schwefelsäure beschrieben worden ist. Die Ergebnisse waren folgende:

Tabelle 5.

Tabelle 5.

Konzentration	Expositionszeit Std.	Zahl der Keime nach der 1.W.	2.W.	3.W.	4.W.	5.W.	Gesamtlänge der Keime in mm nach der 1. W.	2. W.	3 W.	4. W.	5. W.	Längenzunahme in % nach der 2. W.	3. W.	4. W.	5. W.
0 %	22½	13	16	17	16	16	19,1	52,3	88,0	104,5	115,5	174,3	67,9	18,8	10,5
½ %	6	3	8	18	19	21	5,3	16,0	47,2	74,8	102,8	201,9	195,0	58,5	37,4
	12	5	9	15	16	15	8,1	17,2	58,9	83,4	101,2	112,2	245,9	41,6	26,1
	24	3	5	13	12	12	2,4	8,0	60,0	85,0	90,0	233,3	650,0	41,7	5,3
	48	5	10	12	13	12	2,1	25,4	48,0	61,5	100,0	1009,5	76,9	28,2	62,6
1 %	6	8	11	16	17	20	1,9	8,5	33,0	54,2	93,4	347,4	288,2	64,3	72,3
	12	0	11	14	16	14	0	8,0	34,0	57,3	75,0	—	325,0	68,5	30,9
	24	0	3	5	7	7	0	2,5	13,0	24,5	47,0	—	460,0	88,5	91,8
	48	0	1	1	2	2	0	1,0	3,3	9,7	16,3	—	230,0	193,9	68,0
2 %	6	0	0	1	2	2	0	0	1	2,9	4,4	—	—	180,0	51,7
	12	6	14	16	16	16	8,5	17,4	62,5	84,5	95,0	104,7	259,2	35,2	5,3
	24	0	0	1	1	2	0	0	2,2	4,9	10,6	—	—	122,7	116,3
	48	0	0	0	0	1	0	0	0	0	7,0	—	—	—	—
3 %	6	0	3	4	5	7	0	3,2	23,2	29,4	55,0	—	625,0	26,7	87,1
	12	0	2	2	7	8	0	5,2	20,4	26,0	52,1	—	292,3	27,5	100,4
	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—
	48	0	4	4	4	6	0	7,8	20,2	38,2	58,2	—	158,9	89,1	52,4
4 %	6	0	3	3	4	4	0	2,5	8,1	22,8	44,0	—	224,0	181,5	97,4
	12	0	10	11	12	14	0	16,3	35,5	85,5	123,5	—	117,8	140,8	44,4
	24	0	0	1	1	1	0	0	2,5	6,4	7,8	—	—	156,0	21,9
	48	0	0	3	4	4	0	0	3,4	12,0	19,3	—	—	252,9	70,8

Tabelle 6.

Konzentration	Expositionszeit Std.	Der längste Keim in mm nach der 1.W.	2.W.	3.W.	4.W.	5.W.	Der dickste Keim in mm nach der 1. W.	2. W.	3. W.	4.W.	5.W.	Gewicht der abgebroch. Keime g	Gewicht der Knollen vor dem Versuch g	nach dem Versuch g
0 %	22½	2,0	6,0	7,1	8,7	10,3	1,0	3,3	3,8	4,9	5,0	1,250	93	89
½ %	6	1,9	5,1	9,8	11,7	12,8	0,5	3.0	5.1	6,0	6,1	1,305	103	100
	12	1,8	3,2	8,2	10,0	12,7	0,5	2,1	4,2	5,8	5,9	1,115	90	84
	24	2,0	3,2	8,1	10,9	11,0	1,0	2,0	4,5	5,0	5,6	1,050	88	86
	48	0,5	4,0	7,9	9,4	9,9	0,5	2,8	4,1	5,0	5,5	1,003	93	89
1 %	6	0,3	1,1	3,1	7,0	11,0	0,2	1,0	2,2	3,6	5,0	0,825	85	81
	12	—	0,8	3,2	6,1	10,6	—	0,7	2.2	3,3	5,1	0,910	95	90
	24	—	0,9	4,3	8,2	12,2	—	0,8	3,4	5.6	5,8	0,412	75	68
	48	—	1,0	3,3	7,9	11,0	—	0.8	3,3	4,7	5,5	0,050	83	82
2 %	6	—	—	1,0	1,8	2,0	—	—	0,7	1,0	2,8	0,003	88	86
	12	2,0	6,0	8,2	8.5	8,6	1,0	3,4	4.1	4,2	4,9	0,753	102	96
	24	—	—	2,2	4,9	7,6	—	—	1,5	2,9	3,6	0,021	100	95
	48	—	—	—	—	7,0	—	—	—	—	4,8	0,010	90	74
3 %	6	—	2,5	8,2	9,1	17,8	—	1,0	4,1	4,6	4,7	0,326	80	77
	12	—	2,7	13,3	16,7	19,1	—	1,3	4,9	6,1	6,7	0,304	82	79
	24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	78	77
	48	—	2,2	6,9	10,2	15,3	—	1,0	3,8	4,4	4,9	0,275	100	97
4 %	6	—	0,9	3,4	11,8	15,2	—	0,7	2,9	5,0	5,6	0,205	90	80
	12	—	3,1	6,2	10,7	15,0	—	1,3	4,3	5,0	5,2	1,122	109	104
	24	—	—	2,5	6,4	7,8	—	—	1,8	3,3	3,4	0,012	90	88
	48	—	—	1,2	3,0	8,0	—	—	1,0	1,5	3,9	0,028	80	78

Tabelle 7.

Konzentration	Expositionszeit Std.	Auf 100 g Substanz kommen Keime g	Gewichtsverlust g	Bemerkungen
0 %	22½	1,344	4,3	
½ %	6	1,267	2,9	
	12	1,238	6,7	
	24	1,193	4,5	
	48	1,078	4,3	
1 %	6	0,971	4,7	
	12	0,958	5,3	
	24	0,738	9,3	
	48	0,060	1,2	
2 %	6	0,003	2,3	
	12	0,738	5,9	
	24	0,021	5,0	
	48	0,011	17,8	Eine Knolle verfault.
3 %	6	0,408	3,75	
	12	0,371	3,7	
	24	—	1,3	
	48	0,275	3,0	
4 %	6	0,306	11,1	
	12	1,029	4,6	
	24	0,013	2,2	
	48	0,035	2,5	

c. Bemerkungen zu den Tabellen 5—7.

Bei allen behandelten Knollen stand in den ersten Versuchswochen die Zahl der Keime wesentlich hinter denjenigen der unpräparierten zurück. Bei den Kartoffeln, die mit ½ %, mit 1 % in 6 und 12 Stunden, mit 2 und 4 % in 12 Stunden behandelt worden waren, stellte sich nach und nach die normale Keimzahl ein. Die Gesamtkeimlänge übertraf an den meisten Stellen die entsprechende bei der Schwefelsäurebehandlung. Besonders auffällig waren die Keimzahl und die Gesamtkeimlängen bei der 12stündigen Behandlung mit 2 und 4prozentiger Säure. Ob dabei eine Gesetzmäßigkeit oder ein Zufall vorliegt, kann hier nicht entschieden werden. Ich vermute das letztere, da die entsprechende Stufe bei 3prozentiger Lösung keine Anomalie zeigte. Bemerkenswert war der allgemein hohe Prozentsatz des Keimzuwachses nach der anfänglichen Keimungshemmung bei den präparierten Knollen. Dies war hier bedeutend auffälliger als bei der ersten Versuchsreihe. Bei fast allen gebeizten Kartoffeln waren am

Schlusse der 5. Woche einzelne längere Keime vorhanden als bei den Kontrollkartoffeln; auch der Durchmesser der dicksten Keime überwog bei der Hälfte. Dagegen war die auf 100 g Substanz bezogene Keimmasse dem Gewichte nach bei den nicht behandelten Knollen am größten. Bezüglich des Gewichtsverlustes der abgekeimten Knollen ließ sich beobachten, daß dieser hier geringer war als bei den mit Schwefelsäure gebeizten, denn bei den letzteren betrug er 7,2%, bei den ersteren 5,1%. Auch ergab sich, daß die Kartoffeln mit geringerem Keimbestand einen schwächeren Gewichtsverlust zu verzeichnen hatten, als die stärker gekeimten.

Als allgemeines Ergebnis erscheint mir hervorzugehen, daß durch Salzsäurelösung von $^1/_2$% keine wesentliche, durch die übrigen Konzentrationen eine die Keimung hemmende Wirkung vorhanden war, und zwar war der letztere Effekt, wie zu erwarten, bei längerer Exposition stärker, als bei kürzerer.

Dem Mangel an Keimbildung bei 3% und 24 Stunden dürfte eine Allgemeinbedeutung nicht zukommen, weil bei 3% und 48 Stunden lebhafte Keimbildung eintrat.

Eine gewisse Übereinstimmung zwischen den Resultaten der Vor- und Hauptversuche war nicht zu verkennen.

C. Versuche mit Kochsalz.

1. Theoretische Vorbemerkungen.

Die Chloride, zu denen das Kochsalz gehört, sind in geringeren Mengen wichtige Nährstoffe der Pflanzen; denn das Chlor gehört zu den Elementen, aus denen sich der Pflanzenkörper aufbaut. Knop[30]) führt an: „Die Chloride des Kaliums, Calciums und Natriums zeigen sich bei der Wasserkultur den Pflanzen zuträglich.“ Doch in größerer Quantität wirken alle Chlorverbindungen auf die Nichtsalzpflanzen giftig. Nach Neßler[45]) wirkt das Chlornatrium entschieden schädlich auf Keimung und Wachstum. An Raps-, Klee- und Hanfsamen zeigte sich die nachteilige Wirkung schon bei einer Konzentration von 0,5%, beim Weizen bei 1%. Eine konzentrierte Lösung hat schon eine schädliche Wirkung, wenn sie auf die Blätter getropft wird. Hartwig und Schütze[22]) fanden, daß die ein- und dreijährigen Fichten, welche einmal mit einem

Quantum von 14 l Kochsalzlösung auf 1 qm Bodenfläche begossen worden waren, sowohl durch Ostseewasser (2,7% Kochsalz), als auch durch Nordseewasser (3,47%), sechsjährige Fichten nur durch Nordseewasser getötet wurden. Akazien starben zum großen Teil infolge Begießens mit Ostseewasser. Andrée[1]) untersuchte die Giftwirkung in der Nähe undichter Soleleitungen. Es ergab sich, daß am schnellsten die Pflanzen mit großem Wasserbedürfnis und am stärksten die Tiefwurzler erkrankten. Storp[62]) begoß Fichten, die in Töpfen gezogen worden waren, mit Kochsalzlösung. Dabei stellte sich heraus, daß schon bei einer Konzentration von 0,6% die Pflanzen rotspitzig wurden und ihre Nadeln verloren. Gleichzeitig wurde konstatiert, daß durch eine andauernde Kochsalzberieselung, auch bei minimalem Salzgehalt der Flüssigkeit, dem Erdboden Pflanzennährstoffe entzogen werden.

Geht aus den vorstehenden Ausführungen die Schädlichkeit des Kochsalzes für das Gedeihen der Pflanzen hervor, so zeigen sich auch schädigende Wirkungen der Kochsalzlösung auf das Keimvermögen der Samenkörner. Eingehende Versuche in dieser Beziehung hat v. Tautphoes[64]) angestellt. Er legte je 100 Samenkörner von Weizen, Roggen, Mais, Bohnen, Erbsen und Raps in destilliertes Wasser und in Kochsalzlösung von verschiedener Konzentration. Er kam dabei zu folgenden Resultaten:

Von 100 Körnern keimten:

	Destill. Wasser	0,5% NaCl.	1% NaCl.	1,5% NaCl.	2% NaCl.	3% NaCl.	5% NaCl.
Weizen	97	90	89	81	80	58	48
Roggen	90	89	73	64	52	46	22
Mais	42	22	10	8	0	0	0
Bohnen	90	86	84	44	64	56	0
Erbsen	94	42	70	26	8	0	0
Raps	100	100	98	98	96	20	17

Aus dieser Übersicht geht hervor, daß die höheren Konzentrationen erheblich schädigender wirken als die verdünnteren Lösungen, und Wollny[68]), der auch entsprechende Versuche anstellte, gibt an: „Als Grenze der Konzentration der Salzlösungen, in welchen Samen keimen sollen, kann man im allgemeinen 0,5% annehmen.“

v. Tautphoes' Versuche lehren außerdem, daß die Resistenz der verschiedenen Samenarten gegen die Schädigung durch Kochsalzlösung beträchtlich voneinander abweicht. Interessant ist ferner die Erscheinung, daß Erbsen- resp. Bohnensamen durch 0,5 resp. 1,5prozentige Lösung mehr geschädigt werden als durch Lösung von 1 resp. 2%. Es ist dies ein Analogen zu den bei meinen Versuchen mit Salzsäure und Kartoffelknollen beobachteten eigentümlichen Abweichungen, von denen ich oben bereits gesprochen habe.

Die Beeinflussung des Keimens der Kartoffelknollen durch Kochsalzlösung ist schon von Rüder[53]) studiert worden, doch bei seinen Versuchen handelt es sich um fäulniskranke Kartoffeln. Er beschreibt sein Verfahren in folgender Weise: „In einem halben Quart Wasser werden $5^1/_3$ Loth Kochsalz aufgelöst, von dieser Auflösung dann $^1/_{14}$ Quart, gewogen 6 Loth, genommen, so daß mithin auf je $12^8/_{16}$ Loth Kartoffeln $^1/_2$ Loth der Beize verwendet werden konnte, hiermit wurden die Kartoffeln ringsumher angefeuchtet, dann in das betreffende Feld gepflanzt, mit dem Überrest des $^1/_2$ Loth Beize besprengt, und mit $1^1/_2$" Erde, Lehm oder Sand bedeckt." Die eingepflanzten Knollen keimten teils, teils verdarben sie.

Für mich galt es nun, die Beeinflussung der Kartoffelkeimung durch Kochsalzlösung von verschiedener Konzentration und variabler Einwirkungsdauer zu untersuchen.

2. Praktischer Teil.

a. Versuche.

Als Salz verwendete ich feinkörniges Speisesalz. Dieses löste ich in destilliertem Wasser, filtrierte und verdampfte das Lösungswasser unter fortwährendem Umrühren. Darauf wurde das Salz bei 102° C. bis zur Gewichtskonstanz erwärmt. Zur Herstellung der Versuchslösung wurde die entsprechende Salzmenge in Leitungswasser gelöst. Als Konzentrationsstufen wurden 0, $^1/_2$, 1, 2, 3, 4% gewählt, und die Expositionszeiten waren 6, 12, 24 und 48 Stunden (bei 0% $22^1/_2$ Stunden). Die Behandlung der Knollen geschah in genau derselben Weise wie bei den früheren Versuchen. Die Resultate sind in folgenden Tabellen zusammengestellt.

Tabelle 8.

Konzentration	Expositionszeit	Zahl der Keime nach der					Gesamtlänge der Keime in mm nach der					Längenzunahme in % nach der			
	Std.	1.W.	2.W.	3.W.	4.W.	5.W.	1.W.	2. W.	3. W.	4. W.	5. W.	2. W.	3. W.	4. W.	5.W.
0 %	22½	11	15	15	16	16	16,0	40,0	70,5	135,0	183,5	150,0	76,3	91,5	35,9
½ %	6	13	13	13	12	12	23,2	44,4	54,3	72,3	81,0	91,4	22,3	33,1	16,0
	12	11	11	11	11	12	27,0	50,0	60,2	75,0	95,5	85,2	20,4	24,6	27,3
	24	13	13	13	14	14	43,0	85,0	98,5	135,3	165,2	97,7	15,9	37,4	22,1
	48	9	11	11	11	12	25,3	51,1	72,5	119,5	179,5	101,9	41,9	64,9	50,2
1 %	6	17	18	18	16	16	33,0	62,0	82,4	118,0	160.2	87,8	32,9	43,2	35,5
	12	13	15	15	13	13	25,0	48,0	63,5	130,0	178,5	92,0	32,3	103,1	37,3
	24	12	17	17	14	13	17,5	45,2	64,0	120,1	136,1	157,7	41,6	87,7	13,3
	48	12	16	17	20	18	7,5	25,4	57,4	118,6	148,0	238,7	86,6	106,6	24,8
2 %	6	15	19	17	15	15	24,6	105,3	120,0	138,0	142,4	328,0	13,9	15,0	3,5
	12	13	13	13	16	16	46,0	126,0	156,6	160,0	188,4	173,9	24,3	2,2	17,8
	24	17	17	15	15	15	38,0	95,5	114,5	126,0	155,3	151,3	19,9	10,0	23,3
	48	14	22	18	18	18	22,2	85,0	99,4	142,0	151,8	282,9	14,6	42,9	6,9
3 %	6	12	12	12	13	11	13,6	42,0	52,5	79,0	127,5	208,8	21,4	50,5	61,4
	12	14	18	19	18	16	17,6	41,3	59,0	77,4	80,0	134,7	38,0	31,2	3,5
	24	15	15	13	13	15	20,2	50.2	57,2	76,0	107,4	148,5	13,9	32,9	41,3
	48	7	15	16	17	15	10,0	36,6	50,1	82,1	86,9	266,0	36,9	59,9	58,0
4 %	6	11	13	13	13	13	12,0	48,0	56,8	105,0	123,4	300,0	18,3	84,9	17,5
	12	12	13	13	12	13	45,1	114,0	149,6	234,0	336,4	152,8	31,2	56,5	43,8
	24	22	23	21	20	20	40,3	112,0	138,4	273,0	390,5	177,9	23,4	90,0	43,0
	48	8	18	17	17	19	5,8	53,0	68,5	148,5	242,0	813,8	29,2	116,8	62,9

Tabelle 9.

Konzentration	Expositionszeit	Der längste Keim in mm nach der					Der dickste Keim in mm nach der					Gewicht der abgebroch. Keime	Gewicht der Knollen vor / nach d. Versuch	
	Std.	1. W	2. W.	3. W.	4. W.	5. W.	1. W.	2. W.	3. W.	4. W.	5. W.	g	g	g
0 %	22½	2,0	5,2	7,2	14,4	21,8	1,0	3,4	5,2	5,4	6,0	1,512	78	73
½ %	6	5,5	8,3	10,8	13,0	16,5	3,6	5,1	5,2	6,1	6,4	0,745	82	72
	12	7,2	9,5	14,2	15,4	22,8	4,0	5,2	5,2	5,3	6,1	0,736	84	72
	24	6,1	8,9	11,1	13,2	17,3	3,8	4,9	5,1	5,3	5,8	1,304	83	71
	48	6,5	9,1	13,1	21,5	32,7	3,9	5,1	5,2	6,0	6,4	1,565	85	79
1 %	6	5,5	6,1	7,9	14,4	20,0	3,6	3,7	4,2	4,4	5,0	1,233	80	74
	12	5,2	6,2	8,0	21,4	26,2	3,8	4,3	4,3	4,5	5.3	1,730	80	74
	24	5,1	6,1	10,2	20,0	22,4	3,7	4,2	5,2	5,3	6,0	1,483	85	78
	48	1,0	3,2	6,1	13,6	17,1	0,7	2,1	2,6	4,8	5,5	1,200	73	63
2 %	6	5,1	15,6	17,9	18,3	18,6	3,5	4,2	4,3	5,6	6,0	1,358	75	66
	12	7,6	15,8	20,1	20,5	21,6	4,0	4,3	4,4	5,0	5,8	1,612	87	78
	24	6,2	15,7	19,3	19,9	22,6	3,6	4,2	4,4	5,5	6,1	1,709	90	84
	48	4,9	11,4	13,3	14,4	15,5	2,9	5,0	5,0	5,2	6,0	1,342	82	78
3 %	6	4,1	7,4	9,1	12,0	13,2	2,5	4,6	5,0	5,6	6,1	0,937	75	68
	12	2,6	5,8	6,0	7,0	8,1	1,9	3,2	3,3	4,8	5,1	0,576	80	68
	24	7,2	7,3	8,2	10,8	19,9	4,1	4,2	4,3	5,1	5,4	0,930	80	74
	48	3,2	7,4	7,9	9,4	10,0	2,0	3,6	4,1	5,2	5,4	0,725	73	70
4 %	6	2,0	6,1	7,3	18,9	22,8	1,1	3,6	4,1	4,4	5,0	1,284	73	65
	12	8,2	19,0	25,0	46,1	68,2	4,1	4,3	5,0	6,5	6,6	4,835	94	82
	24	5,2	11,8	18,0	37,0	59,0	3,3	4,9	5,0	5,3	6,0	4,006	82	73
	48	3,8	6,0	7,9	20,2	33,5	2,9	3,9	4,9	5,2	5,6	3,123	87	77

Tabelle 10.

Konzentration	Expositionszeit Std.	Auf 100 g Substanz kommen: Keime g	Gewichtsverlust g	Bemerkungen
0 %	22½	1,938	6,4	
½ %	6	0,909	12,2	
	12	0,876	14,3	
	24	1,571	14,5	
	48	1,841	7,1	
1 %	6	1,541	7,5	
	12	2,163	7,5	
	24	1,745	8,9	
	48	1,644	13,7	Eine Knolle verfault.
2 %	6	1,847	12,0	
	12	1,853	10,4	Eine Knolle angefault.
	24	1,900	6,7	
	48	1,637	4,9	
3 %	6	1,249	9,3	
	12	0,720	15,0	Eine Knolle verfault.
	24	1,163	7,5	
	48	0,993	4,1	
4 %	6	1,759	10,9	
	12	5,144	12,8	
	24	4,885	10,9	
	48	3,589	11,5	

b. Bemerkungen zu den Tabellen 8—10.

An fast allen behandelten Knollen stellte sich gleich von Anfang an eine große Anzahl von Keimen ein, ja bei manchen eine übergroße, denn an verschiedenen Stellen trat eine Keimreduktion auf. Es scheint also, als ob der Aufenthalt der Knollen in Salzwasser im Versuchsbereich fördernd auf den Keimungsbeginn einwirke. Damit würde auch übereinstimmen, daß die Gesamtkeimlängen der Versuchsknollen nach der 1. Woche diejenige der unpräparierten mit wenigen Ausnahmen erheblich übertrafen. Nach der 5. Woche waren bei den ersten vier Konzentrationsstufen die Gesamtlängen der Keime fast durchweg etwas hinter denen der Kontrollkartoffeln zurückgeblieben; doch in der 4 %Stufe zeigten sich so gewaltige Längenüberschüsse, daß es den Anschein erweckt, als ob diese Konzentration eine besondere Reizwirkung auf die Kartoffelkeimung ausübe. Es sind aber besondere Untersuchungen in dieser Richtung notwendig, um festzustellen, ob dieser Erscheinung Allgemeingiltigkeit zukomme. Die Tabelle für die

prozentuale Längenzunahme der Keime zeigt, daß das Wachstum bei den behandelten Knollen in der 2. Woche meist das der nichtpräparierten übertraf; in den übrigen Wochen trat das Gegenteil deutlich hervor. Der Durchmesser der dicksten und die Längendimension der längsten Keime stimmten im allgemeinen überein; doch diejenigen aus der 4prozentigen Lösung waren z. T. mehr als doppelt so lang als die der Kontrollkartoffeln. Das Gewicht der abgebrochenen Keime hatte, wie zu erwarten war, in der 4%-Stufe ganz hervorragende Werte. Ganz auffällig war der hohe Prozentsatz des Gewichtsverlustes der abgekeimten Knollen; denn rechnet man nur eine Knolle als verfault mit dem arithmetischen Mittel der Prozentsätze der drei durch Fäulnis geschädigten, so ergibt sich eine durchschnittliche Gewichtseinbuße von 9,6%. Zieht man noch den Überschuß des Keimbestandes ab, so bleibt doch noch eine Gewichtsverminderung von 7,8% gegen 7,2% bei Schwefelsäure und 5,1% bei Salzsäure.

Die Zahl der durch Fäulnis befallenen Kartoffeln liefert den Beweis, daß das Kochsalz bei den Versuchsbedingungen als Konservierungsmittel für die Knollen nicht in Frage kommt.

D. Versuche mit Kupfervitriol ($CuSO_4$).

1. Theoretische Vorbemerkungen.

Als zweites Salz wurde Kupfervitriol in den Kreis meiner Untersuchungen gezogen. Dieses Sulfat beansprucht schon deshalb ein erhöhtes physiologisches Interesse, weil es einerseits als Beizmittel zur Abtötung von Pilzsporen verwendet wird, und weil es andrerseits als ein Stoff gilt, der die Vegetation der Pflanzen teils schädige, teils begünstige.

Bezüglich der Wirkung von Kupferpräparaten auf die Pflanzen weist de Candolle[8]) auf die Experimente von Marcet hin, welcher Bohnen mit Kupfervitriollösung begoß, wodurch diese Pflanzen schädlich beeinflußt wurden. Auch Bäumchen wurden getötet. De Candolle schreibt diesbezüglich: „Déjà le docteur Philips ayant répandu des solutions de cuivre autour d'un jeune peuplier, celui-ci mourut, en commençant par les branches inférieures.“ Kudelka[32]) fand, daß nicht gequellte, trockne Weizenkörner durch ein sechzehnstündiges Einbeizen

in einer $^1/_2$prozentigen Kupfervitriollösung, welches die an den Körnern haftenden Brandpilzsporen tötet, nicht geschädigt werden. Wurden aber ungequellte Weizenkörner derselben Behandlung unterworfen, so ergab sich nur ein Keimeffekt von 66% gegenüber einem solchen von 74%, wenn der Prozeß nur mit Wasser vorgenommen wurde. Die in gequelltem Zustande gekupferten Körner keimten sogar nur zu 24%, wenn sie 3 cm tief in die Erde gebracht wurden, während die nicht behandelten bei derselben Bedingung zu 54% keimten. Die stärker gequellten Körner zeigten eine größere Keimschwächung. Diese Erscheinung ist jedenfalls darauf zurückzuführen, „daß eine bereits mit Wasser imbibierte Samenschale Lösungen in kürzerer Zeit eindringen läßt als eine solche in trocknem Zustande."

Untersuchungen über den Einfluß von Kupferverbindungen auf Kartoffelknollen sind von Frank und Krüger[16]) vorgenommen worden. Sie verwendeten aber nicht Kupfersulfatlösung, sondern zweiprozentige Kupfervitriol-Kalk-Brühe, die sogenannte Bordelaiser Brühe, die aus Kupfersulfat und der gleichen Menge gebranntem Kalk und der entsprechenden Quantität Wasser hergestellt wurde. In je 2 l der Brühe wurden 12 Knollen gelegt und die eine Portion 10 Stunden, die andere 20 Stunden darin gelassen. Am 12. Mai wurden alle gleichzeitig mit 24 Kontrollkartoffeln in die Erde gebracht. Von den aufgelaufenen Kartoffelstauden wurden 12 am 13. Juni mit Bordelaiser Brühe bespritzt. Es zeigte sich, daß die aus den präparierten Knollen hervorgegangenen Pflanzen einen besseren Eindruck machten als die übrigen. Der Ernteertrag war folgender:

Behandlung	Gewicht der geernteten Knollen kg	Stärke %
Unbehandelt	4,563	17,5
Die jungen Sprosse gekupfert . .	4,687	18,2
Saatknollen 10 Std. gekupfert . .	5,165	17,4
Saatknollen 20 Std. gekupfert . .	6.271	17,5

Die Autoren kamen auf Grund der beschriebenen Versuche zu dem Schlusse: „Die bloße Beizung der Saatkartoffel mit Kupferkalkbrühe hat den Ertrag an Knollen wesentlich erhöht." Conwentz[9]) kommt auf Grund seiner Untersuchungen

zu folgendem Resultate: „An einer Reizwirkung des Kupfervitriols auf die Pflanzen ist jetzt nicht mehr zu zweifeln.“ Dagegen schreibt Remy[50]): „Die von Frank und anderen vertretene Anschauung, daß den Kupfersalzen sogar eine wachstumsfördernde Reizwirkung zukommt, wurde durch spätere Beobachtungen von Ewert[14]) als irrig nachgewiesen.“ Mindestens ist es schädlich, wie Saver[57]) zeigt, die gebeizten Kartoffelknollen unmittelbar nach der Beizprozedur in den Ackerboden zu legen. Beim Auflaufen der Kartoffeln zeigte es sich, daß die mit 2prozentiger Bordelaiser Brühe behandelten Knollen in ihrer Keimungsfähigkeit beträchtlich geschädigt waren. Während die unbehandelten Knollen am 14.—16. Juni aufgingen, geschah dies bei den gebeizten, die mit jenen gleichzeitig in die Erde gebracht worden waren, erst vom 28. Juni ab, und zwar um so später, je länger sie gebeizt worden waren. In 2 Reihen kamen überhaupt nur 2 Stauden auf. Die Ernte wurde am 25. September vorgenommen und zeigte folgende Resultate:

Behandlung	Kraut g	Knollen g	Summa g	Stärkegehalt %
Unbehandelt. . . .	34,5	934	968,5	18,8
12 Stunden gebeizt .	56	1096	1152	18,8
24 Stunden gebeizt .	17	841	858	18,4
36 Stunden gebeizt .	6	301	307	16,6
48 Stunden gebeizt .	7,5	298	305.5	16,9

Bezüglich des Bespritzens der jungen Kartoffelpflanzen konstatierte derselbe Autor folgende günstige Wirkung:

Behandlung	Kraut g	Knollen g	Summa g	Stärkegehalt %
1 mal bespritzt . .	46,5	950	996,5	19,2
2 mal bespritzt . .	58	980	1038	19,4
3 mal bespritzt . .	80	1450	1530	19

Für mich lautete nun die Fragestellung: „In welcher Weise beeinflussen Lösungen von Kupfervitriol die Keimung der Kartoffelknollen?“

2. Praktischer Teil.

a. Versuche.

Zur Beantwortung dieser Frage wurden die Versuche ganz analog denjenigen mit Kochsalz ausgeführt, auch die gleichen Konzentrationsstufen und Reaktionszeiten wurden beibehalten. Es wurde chemisch reines Salz in Kristallform von der Formel $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ verwendet.

Die Resultate zeigen die folgenden Tabellen:

Tabelle 11.

Konzentration	Expositionszeit Std.	Zahl der Keime nach der 1.W.	2.W.	3.W.	4.W.	5.W.	Gesamtlänge der Keime in mm nach der 1. W.	2. W.	3. W.	4. W.	5. W.	Längenzunahme in % nach der 2. W.	3. W.	4. W.	5. W.
0 %	22½	8	10	10	10	10	13,4	54,0	72,6	84,4	111,6	302,9	34,4	16,3	32,2
½ %	6	8	12	15	14	13	8,2	39,0	64,5	80,0	112,4	375,6	65,4	24,0	40,5
	12	4	6	6	10	11	3,1	16,2	24,2	32,0	67,2	422,6	49,4	32.2	110,0
	24	3	13	13	14	14	1,1	19,0	34,1	51,0	108,7	1627,3	79,5	49,6	107,3
	48	1	3	3	5	7	3,0	11,2	16,8	33,8	85,8	273,3	41,1	101,2	153,8
1 %	6	15	20	21	23	22	21,2	47,3	75,0	134,0	157,5	123,1	58,6	92,0	20,5
	12	6	11	12	12	12	4,1	16,2	30,0	64,4	98,0	295,1	85,2	114,7	52,2
	24	2	4	4	6	7	1,1	8,1	20,1	40,0	66,8	636,4	148,1	99,0	67,0
	48	1	5	11	11	12	0,5	3,2	15,0	53,3	82,3	540,0	368,8	255,3	54,4
2 %	6	14	14	18	18	20	10,2	38,2	53,0	84,4	143,0	274,5	38,7	59,2	69,7
	12	8	9	10	10	11	10,5	23,6	31,6	43,0	63,3	124,8	34,7	36,1	47,2
	24	2	2	2	5	14	3,0	8,1	11,0	16,0	48,4	170,0	35,8	45,5	202,5
	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—
3 %	6	8	10	10	10	10	10,2	20,4	30,0	37,5	43,3	100,0	47,1	25,0	15,5
	12	0	3	3	5	6	0	4,1	8,2	16,4	25,0	—	100,0	100,0	52,4
	24	2	2	1	2	6	3,2	4,9	6,0	6,3	21,3	53,1	23,3	5,0	238,1
	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—
4 %	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—
	12	0	3	3	4	4	0	0,9	3,0	9,1	21,1	—	233,3	203,3	131,9
	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—
	48	0	13	13	12	12	0	14,0	18,3	37,0	54,5	—	30,7	102,2	50,0

Tabelle 12.

Tabelle 12.

Konzentration	Expositionszeit Std.	Der längste Keim in mm nach der 1. W.	2. W	3. W.	4. W.	5. W.	Der dickste Keim in mm nach der 1. W.	2. W.	3. W.	4. W.	5. W.	Gewicht der abgebroch. Keime g	Gewicht der Knollen vor d. Versuch g	nach d. Versuch g
0 %	22½	3,2	8,9	10,2	12,8	15,6	2,5	4,1	4,2	5,0	5,5	1,105	90	85
½ %	6	2,1	6,5	8,0	9,2	10,8	1,0	3,2	4,0	4,8	5,2	1,016	87	82
	12	1,5	5,8	7.9	9,8	10.8	0,8	3,8	4,9	5,0	5,3	0,438	83	76
	24	0,5	4,3	5,8	8,0	22,7	0,5	2,5	3,8	4,4	5,0	1,212	77	74
	48	3,0	8,0	11,8	14,0	18,2	2,1	5,1	5,9	6,1	6,3	0,603	90	86
1 %	6	2,5	6,1	7,6	13,2	14,2	2,1	4,3	5,4	5,6	6,0	1,525	94	92
	12	1,0	3,1	6,0	9,8	17,5	0,9	2,8	4,5	5,0	5,2	0,822	81	73
	24	0,8	3.2	7,0	8.1	16,2	0,6	2,6	3,6	4,4	5,0	0,345	94	80
	48	0,5	2,8	6,0	8,6	9,1	0,4	2,0	3,8	5,0	5,1	0,703	109	105
2 %	6	1,0	4,2	5,6	8,5	13,1	0,9	2,7	3,0	4,1	4,9	1,349	97	94
	12	2,0	3,8	5,5	7,2	9,2	1,2	2,5	3,5	4,2	4,4	0,405	99	91
	24	2,0	4,4	6,9	7,5	10,0	1,0	3,2	4,8	5,1	5,2	0,228	99	96
	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	99	94
3 %	6	2,0	2,9	5,1	6,2	6,4	1,8	1,9	3,0	3,2	3,8	0,198	87	85
	12	—	1,8	4,2	5,1	7,0	—	1,0	3,5	3,6	4,0	0,048	77	72
	24	2,9	4,6	6,0	6,1	6,5	1,3	4,1	4,8	5,1	5,3	0,027	80	85
	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	76	75
4 %	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	94	89
	12	—	0,3	1,2	3,6	7,8	—	0,3	1,0	2,0	2,3	0,021	89	78
	24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	93	90
	48	—	3,8	5,7	6,0	9,6	—	2,7	4,8	5,0	5,3	0,256	76	71

Tabelle 13.

Konzentration	Expositionszeit Std.	Auf 100 g Substanz kommen Keime g	Gewichtsverlust g	Bemerkungen
0 %	22½	1,228	5,6	
½ %	6	1,164	5,7	
	12	0,503	8,4	
	24	1,574	3,9	
	48	0,670	4,4	
1 %	6	1,622	2,1	
	12	1,015	9,9	
	24	0,367	14,9	Eine Knolle verfault.
	48	0,645	3,7	
2 %	6	1,392	3,1	
	12	0,409	8,1	
	24	0,230	3,0	
	48	—	6,1	
3 %	6	0,228	2,3	
	12	0,062	6,5	
	24	0,034	6,25	
	48	—	1,2	
4 %	6	—	5.3	
	12	0,024	12,4	
	24	—	3,2	
	48	0,337	6,6	

c. Bemerkungen zu den Tabellen 11—13.

Bezüglich der Keimzahl zeigte sich bei 6stündiger Einwirkung von $^1/_2$, 1, 2 und 3prozentiger Lösung normale Entwicklung; auch bei der 12stündigen Exposition in den ersten drei Konzentrationsstufen war die Keimzahl nicht als bedeutend anormal zu bezeichnen. Die Keime fehlten überhaupt bei 2 und 3% und 48stündiger, bei 4% und 6 und 24stündiger Reaktionszeit. In den übrigen Fällen trat verspätete und verminderte Keimbildung ein. Auffällig war das Verhalten der Knollen, die mit 4prozentiger Lösung 48 Stunden lang behandelt worden waren. Hinsichtlich der Gesamtkeimlänge blieben fast alle präparierten Knollen hinter den Kontrollkartoffeln zurück. Eine begünstigende Reizwirkung durch die Kupfervitriollösung konnte nicht konstatiert werden. Bei der Stärke der dicksten Keime herrschte im allgemeinen Übereinstimmung. Ebenso zeigte sich eine gewisse Abhängigkeit des Keimgewichts von der Gesamtkeimlänge nach der 5. Woche.

Der Gewichtsverlust der abgekeimten Knollen betrug im Durchschnitt 5,8 g pro 100 g Substanz. Im einzelnen bietet die Tabelle der Gewichtsverminderung ein sehr buntes Bild, so daß eine Gesetzmäßigkeit nach keiner Richtung hin zu bemerken ist.

E. Versuche mit Kohlenmonoxyd (CO).

1. Theoretische Vorbemerkungen.

Der Einfluß des Kohlenmonoxydgases auf die lebende Zelle ist schon vielfach studiert worden. Während aber die schädliche Wirkung dieses Gases für die höheren Tiere zweifellos feststeht und die Ursache dafür in der Verdrängung des Sauerstoffs infolge Bindung des Kohlenmonoxydes durch das Hämoglobin des Blutes entdeckt wurde, schwanken die Ansichten über die Wirkung jenes Gases auf die lebende Pflanzenzelle ganz erheblich.

De Saussure[55]) und Boussingault[6]), die ersten Pflanzenphysiologen, die sich mit der Untersuchung der Kohlenmonoxydwirkung beschäftigten, fanden, daß sich dieses Gas vollständig indifferent auf Pflanzen verhalte. Auch spätere Pflanzenphysiologen behaupteten die Unschädlichkeit des Gases für

das Pflanzenwachstum, und ihre Ansicht wurde gestützt durch den oben angegebenen Grund für die Schädigung des Körpers der höheren Tiere: da den Pflanzen das Hämoglobin oder ein analoger Stoff fehlt, so konnte eine Vergiftung des Pflanzenkörpers wenigstens nicht aus derselben Veranlassung wie die des Tierkörpers eintreten. So schreibt Pfeffer[49]): „Dabei ist das für die blutführenden Tiere so überaus giftige Kohlenoxyd für die Pflanzen selbst in größerer Menge kaum, also ungleich weniger schädlich als die Kohlensäure"; und: „Da aber speziell die giftige Wirkung des Kohlenoxyds auf der Verdrängung des im Blute gebundenen Sauerstoffs beruht, so ist es begreiflich, daß dieses Gas auf Pflanzen nicht oder kaum schädlich wirkt." Sorauer[61]) führt an: „Reines Kohlenoxydgas ist ohne schädlichen Einfluß auf die Vegetation." Löw[37]) äußert: „Da darin (in der Bildung von Kohlenoxydhämoglobin) die einzige Ursache der Giftwirkung liegt, so erklärt sich, warum Kohlenoxyd weder auf niedere Tiere noch auf Pflanzen giftig wirkt." Bei Frank[15]) finden wir: „Als solche indifferente, nicht giftige Gase sind schon von Saussure das Stickstoffgas, Wasserstoffgas und Kohlenoxydgas erkannt worden."

Zu entgegengesetzten Resultaten führten die Untersuchungen von Richards und Mac Dougal[51]), die durch eine große Reihe von Versuchen, die sie besonders mit Phanerogamen anstellten, fanden, daß das Kohlenmonoxyd für die Pflanzen höchst giftig sei.

Mit der Einwirkung des Kohlenmonoxydgases auf die Keimung von Samen beschäftigte sich Claude Bernard[3]). Er beobachtete, daß Kressesamen nicht keimte, wenn das Kohlenmonoxyd ein Sechstel der umgebenden Atmosphäre ausmachte. Giglioli[18]) stellte fest, daß trockene Samenkörner, die er über ein Jahr lang dem reinen Kohlenmonoxyd aussetzte, keinen Nachteil bezüglich ihrer Keimkraft erlitten hatten. Feuchte Samen keimten jedoch nicht, solange sie sich in reinem Kohlenmonoxyd befanden; wurden die Körner aber wieder in Luft gebracht, so keimten sie. Allerdings war die Keimfähigkeit bei 20tägiger Behandlung des Samens mit dem Versuchsgase bereits um ein Drittel vermindert, und bei zweimonatlichem Verweilen des feuchten Samens im Gase war die Keimkraft erloschen. Linossier[35]) untersuchte besonders die Keimung der Samen von Kresse, Lattich und Hirse. Dabei fand er, daß eine Verzögerung der Keimung sich einstellte,

wenn ungefähr 75% Kohlenmonoxyd mit 25% Sauerstoff gemischt waren, daß aber durch ein Gemenge von gleichen Teilen beider Gase eine Keimungsverzögerung nicht zu konstatieren war. Mit gequollenem Getreidesamen arbeitete Marcacci[39]). In reinem Kohlenmonoxyd fand Keimung nicht statt; sie trat aber ein, wenn die Samenkörner wieder in die atmosphärische Luft übergeführt wurden, und zwar zeigte sich dann eine Wachstumsbeschleunigung. Auch Richards und Mac Dougal[51]) prüften den Einfluß von Kohlenmonoxyd auf die Keimung durch einige Versuche. Sie fanden, daß bei einem Gehalte von 90% und mehr Kohlenmonoxyd von gequollenem Samen nur die Erbsen keimten. Auch diese wurden nach einiger Zeit getötet. 70prozentiges Kohlenmonoxyd verhinderte zwar die Keimung nicht; doch die Pflanzen starben später ab. Zu ähnlichen Resultaten gelangte Seeländer[59]). Er faßte die Ergebnisse seiner Versuche über die Kohlenmonoxydwirkung auf Lupinenkeimlinge folgendermaßen zusammen:

„1. Das Kohlenoxyd zeigte schädigende Eigenschaften, die sich in einer Herabsetzung der Wachstumsintensität äußerten.

2. Schädigende Nachwirkungen zeigten sich nur bei hoher Konzentration des Kohlenoxyds und langer Versuchsdauer.

3. Die Schädigung war nachweisbar bis zu $^1/_2$% Kohlenoxyd.

4. Nach der Entfernung des Kohlenoxyds suchte die Pflanze die erlittene Hemmung durch beschleunigtes Wachstum wieder auszugleichen.

5. Unter dem Einfluß des Kohlenoxyds zeigte sich eine erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen Trockenheit."

Zu ganz ähnlichen Sätzen führten die Untersuchungen von Seeländer[59]) über die Beeinflussung des Pilzwachstums durch Kohlenmonoxyd. Derselbe Autor hat auch den Einfluß des Versuchsgases auf die Atmung der Kartoffelknollen geprüft. Dabei war eine bemerkbare Abnormität nicht zu beobachten.

Meine eigenen Versuche über die Einwirkung des Kohlenmonoxyds auf die Keimungsfähigkeit der Kartoffelknollen sollen im nächsten Teil der Arbeit besprochen werden.

2. Praktischer Teil.

a. Versuche.

Das Kohlenmonoxyd, das zu den Versuchen diente, wurde durch gelindes Erwärmen von fester, krystallisierter Oxalsäure $(COOH)_2$ mit konzentrierter Schwefelsäure hergestellt. Das Gas wurde durch zwei mit konzentrierter Kalilauge gefüllte Waschflaschen und darauf durch klares Barytwasser geleitet, um das Kohlendioxyd zu absorbieren, welches sich bei der Einwirkung von Schwefelsäure auf Oxalsäure gleichzeitig mit dem Kohlenmonoxyd bildet gemäß der Gleichung: $(COOH)_2 + H_2SO_4 = H_2SO_4 + H_2O + CO + CO_2$. Darauf wurde das Gas in einen mit Wasser gefüllten Gasometer geleitet, nachdem es vorher einige Zeit den ganzen Darstellungsapparat durchströmt und dadurch alle Luft aus dem Apparate vertrieben hatte. Der Verschluß wurde durch eine 2 cm dicke Paraffinölschicht und durch darüberstehendes ausgekochtes Wasser bewirkt, um eine Verunreinigung des Gases mit Luft infolge von Diffusion vom Wasser aus zu vermeiden. Die Luft, welche zur Mischung verwendet wurde, mußte durch je eine Waschflasche mit Kalilauge und Barytlösung streichen, um sie von Kohlensäure zu reinigen.

Die Kartoffelknollen waren in ein feinmaschiges Tüllgewebe gebunden, und das Bündel war an dem oberen Ende eines schweren Ständers befestigt. Dieser Ständer wurde auf einen Porzellanuntersatz gestellt, auf welchen unter Wasser eine Glasglocke gestülpt wurde. Beim Herausheben des Untersatzes mit der Glocke blieb infolge des Luftdrucks die letztere mit Wasser gefüllt. Durch einen Schlauch wurde nun soviel Luft und Kohlenmonoxyd von unten her in die Glocke geleitet, daß erstens die Knollen vollständig aus dem Wasser hervorragten und daß zweitens die gewünschte Konzentration erreicht war. Die Gasmischung wurde aller 6 Stunden erneuert, um eine Veränderung der Konzentration durch das verschiedene Absorptionsvermögen des Wassers gegen die Komponenten des Gemenges möglichst auf kurze Zeit zu beschränken. Die verwendeten Konzentrationen waren $^1/_2$, 1, 2, 3 und $4\,^0/_0$, die Einwirkungszeiten 6, 12, 24 und 48 Stunden. Die Glocken wurden während der Reaktionszeit bedeckt, um den Lichteinfluß zu eliminieren. Die präparierten Knollen wurden dann genau so

behandelt wie diejenigen in den früheren Versuchen. Die Resultate sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 14.

Konzentration	Expositionszeit	Zahl der Keime nach der					Gesamtlänge der Keime in mm nach der					Längenzunahme in % nach der			
	Std.	1.W.	2.W.	3.W.	4.W.	5.W.	1. W.	2. W	3. W.	4. W.	5. W.	2. W.	3. W.	4. W.	5. W.
0 %	22½	7	10	13	15	14	13,3	28,5	52,0	111,1	155,0	114,3	82,5	113,7	39,5
½ %	6	6	8	10	10	10	10,4	25,8	53.3	71,8	105,2	109,6	106,6	34,7	46,5
	12	9	9	10	15	15	12,1	19,1	33,1	68,0	130,4	57,9	76,9	105,4	91,8
	24	22	21	20	19	19	41,6	55,0	114,0	125,4	147,4	32,2	107,3	10,0	17,5
	48	8	9	12	14	15	17,5	34,5	71,0	119,0	158,5	97,1	102,9	67,6	33,2
1 %	6	10	10	10	12	12	12,3	27,0	40,0	76,0	93,5	119,5	48,1	90,0	23,0
	12	7	7	8	9	9	5,5	15,5	25,5	39,5	87,0	181,7	64,5	54,9	120,3
	24	23	23	23	22	22	37,4	68,2	83,0	101,3	131,3	82,6	21,7	22,0	29,6
	48	15	15	16	16	16	30,2	42,8	53,2	87,4	111,0	41,7	24,3	64,3	27,0
2 %	6	9	10	15	14	16	7,2	14,3	32,0	51,4	74,2	98,6	123,8	60,6	44,2
	12	12	13	13	12	13	13,9	21,0	42,0	64,0	90,0	65,5	100,0	52,4	40,6
	24	21	20	23	24	25	38,0	55,3	93,3	118,5	150,5	43,9	72,3	27,0	27,0
	48	18	19	18	20	24	31,4	40,4	77,8	109,8	121,6	28,7	92,6	41,1	10,7
3 %	6	8	8	11	11	11	7,5	27,5	40,0	70,4	88,4	266,7	45,5	76,0	25,6
	12	18	20	20	20	19	15,2	48,0	73,2	117,2	135,0	215,8	52,5	60,1	15.2
	24	15	15	15	15	18	15,2	34.8	50,8	95,2	159,4	128,9	45,9	87,4	67,4
	48	14	14	14	15	17	18,6	37,6	51,0	81,0	109,5	102,2	38,6	58,8	35,2
4 %	6	6	6	6	6	8	6,8	13,0	19,0	24,5	41,0	91,2	46,2	28,9	67,4
	12	8	10	9	14	12	14,4	28,8	37,4	52,4	73,5	100,0	29,9	40,1	42,2
	24	11	11	10	11	11	26,2	36,2	42,2	95,0	116,8	38,2	16,6	125,1	23,5
	48	17	17	16	17	17	26,1	50,0	67,5	79,5	84,9	91,6	35,0	17,8	6,8

Tabelle 15.

Tabelle 15.

Konzentration	Expositionszeit Std	Der längste Keim in mm nach der 1. W.	2. W.	3. W.	4. W.	5. W.	Der dickste Keim in mm nach der 1. W.	2. W.	3. W.	4. W.	5. W.	Gewicht der abgebroch. Keime g	Gewicht der Knollen vor d. Versuch g	nach d. Versuch g
0 %	22½	2,0	5,0	9,1	18,1	27,3	1,1	2,4	3,4	5,2	5,4	1,214	75	66
½ %	6	2,0	5,2	9,0	12,0	17,3	1,2	2,5	3,3	5,0	5,3	0,945	66	59
	12	2,3	4,8	5,1	9,1	22,4	1,2	2,2	3,0	4,7	5,1	1,162	81	75
	24	2,5	4,9	10.0	12,5	21,0	1,4	2,6	3,9	5,4	5,7	1,258	70	67
	48	2,4	5,3	9,1	11,0	26,0	1,3	2,4	3,8	5,5	5,6	1,330	75	69
1 %	6	2,2	5,8	7,0	9,0	13,1	1,1	4,0	4,4	5,3	5,5	0,895	71	65
	12	1,4	3,2	6,1	7,2	10,2	0,9	2,0	3,2	5,0	5,3	0,814	71	63
	24	3,3	6,0	7,5	8,0	10,6	2,2	3,5	4,0	5,2	5,6	1,213	79	76
	48	4,2	8,9	9,3	9,4	9,6	3,8	4,2	5,3	6,0	6,1	1,199	75	69
2 %	6	1,0	2,1	4,0	7,5	7,8	0,9	1,5	2,1	3,0	4,2	0,612	60	52
	12	2,5	4,0	9,1	10,1	11,2	1,2	2,5	3,0	3,6	4,5	0,700	65	60
	24	3,1	4,3	7,5	8,1	12,0	2,9	3,2	4,0	4,9	5,2	1,221	75	70
	48	3,2	4,5	7,4	8,0	9,1	3,5	4,0	4,4	5,1	5,5	1,006	77	71
3 %	6	1,8	5,1	7,9	10,4	14,0	1,0	2,7	3,5	4,2	4,9	0,705	65	56
	12	2,2	5,2	6,0	9,3	10,7	1,4	3,5	3,7	4,2	4,8	1.100	85	77
	24	3,2	6,9	8,8	9,8	25,0	2,5	4,0	4,4	4,6	5,0	1,189	75	69
	48	2,9	6,1	6,5	7,6	25,0	2,7	3,9	4,0	4,7	5,3	0,932	59	56
4 %	6	1,4	3,3	7,0	8,1	8,4	1,0	2,0	3,0	3,5	4,2	0,225	60	50
	12	4,2	7,8	7,9	10,2	10,9	3,4	3,8	4,1	4,5	4,9	0,508	73	64
	24	5,3	6,9	8,1	11,3	13,0	3,5	4,9	5,0	5,5	5,6	1,122	71	63
	48	4,9	5,9	8,0	8,9	10,4	3,3	4,8	5,1	5,5	5,7	0,750	69	65

Tabelle 16.

Konzentration	Expositionszeit Std.	Auf 100 g Substanz kommen Keime g	Gewichtsverlust g	Bemerkungen
0 %	22½	1,619	12,0	
½ %	6	1,318	10,6	
	12	1,435	7,4	
	24	1,797	4,3	
	48	1,773	8,0	
1 %	6	1,387	8,5	
	12	1,147	11,3	
	24	1,535	3,8	
	48	1,599	8,0	
2 %	6	1,020	13,3	
	12	1,077	7,7	
	24	1,628	6,7	
	48	1,306	10,4	
3 %	6	1,085	13,8	
	12	1,294	9,4	
	24	1,585	8,0	
	48	1,579	5,1	
4 %	6	0,375	16,7	
	12	0,696	12,3	
	24	1,439	11,3	
	48	1,089	5,8	

b. Bemerkungen zu den Tabellen 14—16.

Die Zahl der Keime war im allgemeinen normal. Es war aber auffällig, daß bei den meisten Serien der präparierten Knollen schon nach der 1. Woche eine enorm hohe Keimzahl vorhanden war; zuweilen waren es so viel Keime, daß im Laufe der Zeit eine Reduktion eintrat. Die große Keimzahl war besonders bei den länger exponierten Kartoffeln anzutreffen. Die Gesamtkeimlänge am Ende der Versuchsperiode überschritt nur bei wenigen Serien diejenige der Kontrollkartoffeln, bei den meisten blieb sie mehr oder weniger zurück. Im allgemeinen zeigten wiederum die Knollen, die längere Zeit dem Versuchsgase ausgesetzt worden waren, nach der 1. Woche höhere Werte als die Kontrollkartoffeln, und nach der 5. Woche zeichneten sich jene Knollen bezüglich der Gesamtkeimlängen noch vor den übrigen Versuchsknollen aus. Auch die längsten und dicksten Keime waren bei jenen Knollen anzutreffen. Es scheint aus diesen Beobachtungen hervorzugehen, daß der 24 resp. 48stündige Aufenthalt der Kartoffeln in Kohlenmonoxyd im Bereiche der Versuchskonzentrationen fördernd auf die erste Keimentwicklung wirkt. Zur Bestätigung dieser Annahme bedarf es aber weiterer Versuche.

Besonders auffällig war die ganz enorme Gewichtsverminderung der abgekeimten Knollen; diese betrug im Durchschnitt 8,9%. Da sie auch bei den Kontrollkartoffeln auftrat, so kann sie nicht als spezifische Wirkung des Kohlenoxydgases anzusprechen sein. Möglich wäre es, daß durch das Verweilen in einem feuchten Gasgemisch die Durchlässigkeit der Knollenschale für Feuchtigkeit zugenommen hätte, wodurch später ein größerer Wasserverlust der Knollen durch lebhaftere Transpiration begünstigt worden wäre. Dann müßten aber die Kartoffeln, welche am längsten der Gaseinwirkung ausgesetzt waren, den größten Gewichtsverlust aufweisen; das war aber, wie die Tabelle zeigt, nicht der Fall. Für mich ist deshalb die auffällig hohe Gewichtsabnahme der Knollen vorläufig unerklärlich.

F. Versuche mit Kohlensäure (CO_2).

1. Theoretische Vorbemerkungen.

Daß Kohlendioxyd einen schädlichen Einfluß auf die Entwicklung der Pflanzen ausüben soll, erscheint im ersten Augenblicke verwunderlich, da dieses Gas doch ein notwendiges Nahrungsmittel für die chlorophyllhaltigen Pflanzen darstellt. Doch schon Ingenhousz[24]) wußte, daß diejenigen Gase, welche das tierische Leben töten, für die Pflanzen untauglich sind, und daß zu diesen Luftarten die Kohlensäure gehört. Er versuchte nachzuweisen, daß ein Übermaß aller Nahrungsstoffe sowohl für Tiere als auch für Pflanzen schädigend wirke. Davy[11]) fand, daß Pflanzen in einer Atmosphäre, die zu $^1/_3$—$^1/_2$ aus Kohlensäure bestand, nur kümmerlich wuchsen. Tropaeolum majus und Spinacia oleracea gediehen nach den Angaben von Montemartini[42]) in Luft mit 4% Kohlensäure gut, mit 7% mäßig, mit 22% sehr schlecht. Frank[15]) führt bezüglich der Kohlensäure folgendes aus: „Wenn der Gehalt der Luft an diesem Gase das gewöhnlich in der Atmosphäre gegegebene Maß (0,04—0,06% im Freien) erheblich übersteigt, so werden gewisse Lebenstätigkeiten der Pflanze ungünstig beeinflußt."

Um die Einwirkung der Kohlensäure auf die Wurzeln zu studieren, brachte Marcet die Wurzeln von Bohnen in luftdicht geschlossene Gefäße, die entweder mit atmosphärischer Luft oder mit Wasserstoff oder mit Kohlensäure gefüllt waren. Stengel und Blätter ragten in die freie Luft hinein. Nach de Candolle[8]) fand Marcet, daß diejenigen Pflanzen, deren Wurzeln sich in atmosphärischer Luft befanden, nach 48 Stunden anfingen zu welken. Bei den Pflanzen, deren Wurzeln in den Wasserstoff ragten, trat dieselbe Erscheinung bereits nach 5—6 Stunden ein, und sie starben nach 14—16 Stunden. Die Kohlensäure bewirkte das Welken schon nach 1—2 Stunden und den Tod nach 8—10 Stunden. Bei den Versuchen Jentys[25]) befanden sich die Wurzeln der Versuchspflanzen in atmosphärischer Luft mit 4—12% Kohlendioxyd. Er beobachtete keinerlei schädliche Einwirkungen.

Demoor[12]) stellte fest, daß reine Kohlensäure die Plasmaströmung in den Staubgefäßhaaren von Tradescantia virginica

nach 3—6 Minuten sistierte, daß aber die Mitose nicht gestört erschien, auch wenn die Plasmaströmung vollständig aufgehört hatte. In letzterem Falle bildete sich keine Zellmembran.

Lopriore[38]) kommt bei seinen mit großer Vorsicht und äußerster Sorgfalt angestellten Versuchen zu folgenden Resultaten:

„1. Reine Kohlensäure, wenn ihre Wirkung eine bestimmte, im einzelnen verschiedene Zeit nicht überschreitet, hat auf die Lebensäußerung einen hemmenden, nicht aber einen dauernden schädlichen Einfluß.

2. Die hemmende Wirkung der Kohlensäure ist nicht eine negative, durch die Abwesenheit des Sauerstoffs bedingte, sondern sie ist eine der Kohlensäure spezifisch eigentümliche.

3. Ein geringer Kohlensäuregehalt von 1—10% befördert das Wachstum, erhöht aber nicht den Turgordruck der im Wachstum geförderten Pollenschläuche.

4. Die verschiedenen Pflanzenzellen sind gegen Kohlensäure in verschiedenem Maße empfindlich.

5. Die lebenden Pflanzenzellen lassen sich an die störende Einwirkung der Kohlensäure gewöhnen."

Bezüglich der Beeinflussung der Keimung durch Kohlensäure fand derselbe Forscher, daß eine Keimung von Samen in reiner Kohlensäure nicht stattfand, und daß durch dieses Gas der Embryo gequollener Samenkörner getötet wurde. Trockene Samenkörner wurden nicht geschädigt. Bei 50% Kohlensäure in der Luft keimten die Samen ebenfalls nicht, aber sie behielten ihre Keimkraft. Die Keimlinge starben bei derselben Konzentration im Sonnenlichte nicht, wohl aber im Dunkeln. 4—10prozentiger Kohlensäuregehalt der Luft beförderte die Kohlenstoffassimilation. Die Keimung von Mucorsporen war in reiner Kohlensäure nicht möglich; sie ging aber normal vor sich, selbst nach dreimonatlichem Verweilen in reinem Kohlendioxyd, wenn dann die Sporen wieder in normale Luft gebracht wurden. Ein hoher Kohlensäuregehalt hob die Sporenkeimung und das Wachstum nicht auf, es zeigten sich aber eigentümliche blasige Mycelanschwellungen, in denen mehr oder minder auffällige Vakuolenbildung zu erkennen war. Schon de Saussure[55]) erkannte, daß ein erhöhter Kohlensäuregehalt der Luft die Keimung und das Wachstum der Pflanzen auf Kosten der Reservenährstoffe schädigt. John[26]) kam auf Grund seiner mit gequollenen Erbsen angestellten Versuche

zu dem Resultate, daß die Kohlensäure den Embryo im Samen tötet, und daß Keimung nur dann stattfindet, wenn die atmosphärische Luft im erheblichen Übermaß vorhanden ist; ein Keim wird durch reine Kohlensäure getötet. Claude Bernard[3]) beobachtete, daß Kressesamen dann nicht mehr keimte, wenn die umgebende Atmosphäre $^1/_6$ ihres Volumens Kohlensäure enthielt. Kamen die Samen aber darauf in gewöhnliche Luft, so trat regelrechte Keimung ein. Giglioli[18]) konstatierte, daß gequollene Samenkörner in reiner Kohlensäure schnell getötet wurden. Linossier[35]) stellte fest, daß die Keimung von Samen bei 10prozentigem Kohlensäuregehalt der Luft nur verzögert wurde, daß aber mit steigendem Kohlensäuregehalt die Zahl der keimbildenden Samenkörner annähernd proportional abnahm. Das verschiedenartige Verhalten verschiedener Samenarten gegen eine mit Kohlendioxyd bereicherte Atmosphäre zeigte sich darin, daß Lattichsamen noch bei 36% Kohlensäure keimte, während in diesem Falle bei Kressesamen keine Spur von Keimbildung zu bemerken war. Besonders eingehende Studien über das Keimen von Samenkörnern in kohlensäurehaltiger Luft hat Böhm[4]) getrieben. Er ließ Feuerbohnen im Dunkeln in Luft von variablem Kohlensäuregehalt keimen. Die mittlere Wurzellänge betrug nach 12 Tagen in gewöhnlicher Luft 13,6 cm, in Luft mit 2% Kohlensäure 10,5 cm, in solcher mit 5% 7,9 cm, bei 10% 4,6 cm. In Luft, deren Kohlensäuregehalt 14% erreichte, entwickelte sich die Radicula ganz unbedeutend, und die Samen waren zum Teil verdorben. Die nicht abgestorbenen Samen zeigten, nachdem sie in gewöhnliche Luft gebracht worden waren, normales Wachstum.

Das Problem, ob die Keimung der Kartoffelknolle durch Luft mit erhöhtem Gehalt an Kohlensäure alteriert wird, sollte durch meine Experimente in einem sowohl nach Konzentration des Luftgemisches als auch nach Ausdehnung der Reaktionszeit begrenzten Gebiete untersucht werden.

2. Praktischer Teil.

a. Versuche.

Das von mir verwendete Kohlendioxyd wurde im Kippschen Apparat aus Marmor und verdünnter, chemisch reiner Salzsäure dargestellt. Zur Reinigung wurde es durch zwei

Waschflaschen geleitet, von denen die erste mit Wasser, die zweite mit einer sehr verdünnten Lösung von Silbernitrat beschickt war, um die mitgerissene Chlorwasserstoffsäure zu absorbieren. Um die Fehlerquelle, die durch den schwankenden Kohlensäuregehalt der Luft vorhanden war, auszuschalten, mußte die Luft, ehe sie in die Versuchsgefäße strömte, zwei Waschflaschen mit konzentrierter Kalilauge und eine mit Barytwasser durchstreichen. In die nun von Kohlensäure befreite Luft wurde darauf so viel Kohlendioxyd eingeleitet, daß der Prozentgehalt der Luft an jenem Gase 0,54; 1,04; 2,04; 3,04; 4,04 betrug, da ich den durchschnittlichen Kohlensäuregehalt der atmosphärischen Luft mit 0,04% anzunehmen mich für berechtigt hielt.

Die Versuche wurden in genau derselben Weise ausgeführt, wie es beim Kohlenmonoxyd beschrieben worden ist, und die Knollen wurden nach der Einwirkung des Gases ebenso behandelt wie bei allen früheren Untersuchungen. Es wurden folgende Resultate gefunden:

Tabelle 17.

Konzentration	Expositionszeit	Zahl der Keime nach der					Gesamtlänge der Keime in mm nach der					Längenzunahme in % nach der			
	Std.	1.W.	2.W.	3.W.	4.W.	5.W.	1.W.	2.W.	3.W.	4.W.	5.W.	2.W.	3.W.	4.W.	5.W.
0%	22½	8	8	11	11	11	13,3	26,5	51,0	73,5	128,0	100,0	91,7	46,1	74,1
½%	6	5	6	6	10	12	6,4	16,2	27,2	56,0	110,3	153,1	67,9	105,9	96,9
	12	3	10	11	12	12	2,3	20,0	33,0	52,1	77,6	769,5	65,0	57,9	48,9
	24	0	0	0	14	14	0	0	0	18,0	56,0	—	—	—	211,1
	48	0	0	5	11	12	0	0	4,5	22,0	56,0	—	—	388,9	154,5
1%	6	4	5	6	7	10	2,8	8,0	15,4	30,2	72,0	185,7	92,5	96,1	138,4
	12	9	15	22	21	20	6,2	18,2	40,0	77,2	109,2	193,5	119,8	93,0	41,5
	24	6	8	11	10	10	6,3	13,4	20,2	38,0	58,3	112,7	50,7	89,1	53,4
	48	7	8	14	14	14	12,2	21,0	32,0	49,6	86,6	72,1	52,4	76,8	72,6
2%	6	7	7	8	11	16	7,3	14,0	21,0	35,0	63,0	91,8	50,0	66,7	80,0
	12	5	8	8	8	16	9,3	19,3	37,3	62,3	70,6	107,5	96,7	67,0	13,3
	24	14	15	14	14	17	7,9	25,4	34,8	55,2	75,2	221,5	37,0	58,7	36,2
	48	8	10	10	11	11	6,4	20,0	24,5	42,0	47,5	212,5	22,5	71,4	13,1
3%	6	6	12	13	14	15	5,9	28,0	62,4	123,8	196,0	374,6	122,9	98,2	59,9
	12	6	7	9	11	16	12,2	19,2	46,2	119,0	137,9	57,4	140,1	157,6	16,7
	24	6	10	14	21	20	5,4	23,3	26,3	71,2	105,2	331,5	12,9	170,7	47,8
	48	5	7	7	14	16	7,0	19,2	42,0	90,0	140,0	174,3	119,8	114,3	55,5
4%	6	2	4	8	12	12	1,5	5,0	19,0	37,2	135,4	233,3	280,0	95,8	261,3
	12	6	8	16	21	23	5,2	13,3	47,3	112,0	202,0	155,8	255,6	136,8	80,4
	24	4	6	9	10	10	1,3	3,0	10,0	30,5	48,8	130,8	233,3	205,0	60,0
	48	10	12	13	15	17	7,2	17,2	50,2	80,0	115,0	137,8	191,7	59,4	43,8

Tabelle 18.

Konzentration	Expositionszeit Std.	Der längste Keim in mm nach der 1. W.	2.W.	3.W.	4.W.	5.W.	Der dickste Keim in mm nach der 1.W.	2.W.	3.W.	4.W.	5.W.	Gewicht der abgebroch. Keime g	Gewicht der Knollen vor d. Versuch g	nach d. Versuch g
0 %	22½	2,1	4,0	7,2	9,6	15,2	1,8	2,3	3,0	4,9	5,3	1,125	70	64
½ %	6	1,9	4,2	7,4	8,1	13,0	1,5	2,2	3,5	5,0	5.1	1,108	73	64
	12	1,0	3,1	4,9	7,5	10.1	0,7	1,8	2,5	4,0	5,0	0,816	87	78
	24	0	0	0	2,0	5,8	0	0	0	1,1	3.8	0,351	61	56
	48	0	0	1,5	3,9	5,9	0	0	1,0	1,5	3,6	0,299	75	66
1 %	6	1,9	3,1	5,1	7,0	10.6	1,1	2,2	3,0	3,9	4,4	0,563	69	65
	12	2,1	4,3	7,7	11,1	14,0	1,3	2,4	3,3	4,5	4,9	1,102	69	61
	24	1,6	3,3	6.3	9,9	15,2	1.3	2,0	3,1	4,0	5.2	0,303	61	51
	48	2,8	5.4	8,7	10,5	13,3	2,3	3,0	3,5	4,1	5.0	0,855	75	69
2 %	6	2,4	4,0	7.2	9,0	10,4	1,8	3.0	3,5	4,3	5,6	0,410	77	70
	12	2,6	4,5	8,0	10,1	10,3	1,9	3.3	4,5	4,9	5,5	0,425	75	67
	24	2,5	4.0	6 0	9,9	11,6	1,6	2,8	3,3	4,0	5,0	0,516	65	57
	48	1 8	3,1	6,0	6,9	8,0	1,0	1,9	2,5	3.5	4,6	0,285	65	56
3 %	6	1,8	4,2	9,9	25,6	41,6	1,1	2,1	3,5	5,2	5,3	1,832	73	66
	12	2,2	4,4	10,6	21,0	32,2	1,4	2,8	3,5	5,1	5,3	1,443	76	63
	24	1.5	3.8	8,3	13,3	22,5	1,3	2,5	3,1	4,9	5,3	0,845	59	49
	48	2,5	4,5	13,3	23,5	38,0	2,0	3,0	3,7	5,1	5,4	1,620	65	61
4 %	6	0,8	2,0	5,4	12,0	23,1	0,8	1,5	2,3	3,3	4,0	1,159	82	71
	12	1,4	4,5	17,7	31,4	38,5	1,1	2,2	3,1	3,8	4,2	2,100	75	65
	24	0,5	1,0	5,5	12,5	18,9	0,5	0,6	1,0	2,2	3,5	0,175	55	49
	48	1,1	3,1	11,0	14,3	25,0	0,9	2,4	3,2	3,9	4,8	1,130	67	60

Tabelle 19.

Konzentration	Expositionszeit Std.	Auf 100 g Substanz kommen Keime g	Gewichtsverlust g	Bemerkungen
0 %	22½	1,607	8,6	
½ %	6	1,518	12,3	
	12	0,938	10,3	
	24	0,575	8,5	
	48	0,399	12.0	
1 %	6	0,816	5,8	
	12	1,597	11,6	
	24	0,497	16,4	Eine Knolle verfault.
	48	1,140	8,0	
2 %	6	0,532	9,1	
	12	0,567	12,0	
	24	0,794	12,3	
	48	0,438	13,8	
3 %	6	2,537	9,6	
	12	1,899	17,1	
	24	1,432	16,9	
	48	2,492	6,1	
4 %	6	1,413	13,4	
	12	2,800	13,3	
	24	0,318	10,9	
	48	1,687	10,4	

b. Bemerkungen zu den Tabellen 17—19.

Keimung trat an allen Knollen ein, aber bei den präparierten Kartoffeln war am Anfang in den meisten Fällen die Zahl der Keime klein, so daß hier das Gegenteil von der vorhergehenden Versuchsreihe zu konstatieren war, nämlich, daß die Differenz zwischen der Keimzahl nach der 1. Woche und derjenigen nach der 5. Woche eine ganz bedeutende war. Fast durchweg war die Keimzahl nach der 5. Woche bei den Versuchsknollen größer als bei den Kontrollkartoffeln. Entsprechend der geringeren Keimzahl nach der 1. Woche waren zu dieser Zeit auch die Gesamtkeimlängen kleiner als bei den nicht behandelten Knollen. Bei ersteren aber fand besonders in der 3. Woche in den meisten Serien ein sehr lebhaftes Wachstum statt, so daß schließlich nach der 5. Woche einige Serien sogar die unpräparierten Kartoffeln überholt hatten; die meisten blieben aber zurück. Bezüglich einzelner Keime war zu beobachten, daß bei den dicksten Keimen kaum ein wesentlicher Unterschied auftrat; dagegen zeigten sich bei Berücksichtigung der Längendimension in den $3^0/_0$- und $4^0/_0$-Stufen einzelne Keime, welche die normale Länge bei weitem übertrafen, so daß man hier von einer begünstigenden Reizwirkung sprechen könnte.

Sehr hoch war der Gewichtsverlust der abgekeimten Knollen. Er betrug durchschnittlich $11{,}5^0/_0$. Einen Grund dafür anzugeben, ist mir ebenso wenig möglich wie bei der vorigen Versuchsreihe.

G. Die Ergebnisse

meiner Versuche über die Beeinflussung der Kartoffelkeimung durch die benutzten chemischen Agentien waren also im Bereiche des Untersuchungsgebietes kurz folgende:

1. Die Keimung der Kartoffelknollen wurde unterdrückt durch Schwefelsäure in den höheren Konzentrationsstufen bei längerer Exposition, durch Kupfervitriollösung unter denselben Bedingungen; sie unterblieb ganz oder fast ganz bei verschiedenen Serien der Salzsäurebehandlung.

2. Die Keimbildung, sowohl nach der Zahl der Keime als auch nach deren Wachstumsintensität, wurde stark ein-

geschränkt bei der Schwefelsäurebehandlung unter den übrigen Versuchsbedingungen, bei den meisten Versuchen mit Kupfersulfat und bei einigen mit Salzsäure.

3. Die Keimung wurde verzögert bei der Einwirkung von Kohlensäure.

4. Die Keimentwicklung wurde am Anfang beschleunigt durch die Beeinflussung von Kochsalzlösung und von Kohlenmonoxyd.

H. Theoretische Nachbemerkungen.

Es gilt nun die Frage zu erörtern: „Wie sind die beobachteten Einwirkungen der zur Untersuchung verwendeten Substanzen auf die Keimfähigkeit der Kartoffelknollen physiologisch zu erklären?“

Es handelt sich hierbei offenbar um Giftwirkungen. Eine giftige Wirkung schreiben wir nach Pfeffer[49]) jedem Körper zu, der infolge seiner chemischen Qualität schon in geringerer oder erst in größerer Menge im Organismus eine Störung der Lebensvorgänge hervorbringt, die entweder bei hinreichender Einwirkungsmöglichkeit oder bei Zuführung in größerer Quantität eine Schädigung oder die Vernichtung des Lebewesens herbeiführt. Nach Conwentz[9]) hat man zweierlei Arten von Substanzen, welche die Vegetation der Pflanze schädlich beeinflussen, zu unterscheiden. Manche Stoffe schädigen die Pflanze erst dann, wenn ihre Konzentration eine bestimmte Stufe erreicht hat. Es beruht also in diesem Falle die die Zelle schädigende Beeinflussung nicht auf der chemischen Konstitution des verwendeten Agens. Hierher gehören Zucker, Glyzerin, Kalinitrat usw. Diese Körper wirken, wenn ihre Konzentration einigermaßen beträchtlich ist, infolge Diosmose wasserentziehend. Es tritt also Plasmolyse in geringerem oder stärkerem Maße ein. Bewegt sich diese in mäßigem Umfange und dauert sie nicht zu lange, so stirbt die Zelle nicht, sondern sie kehrt bei Zuführung von Wasser wieder in den normalen Zustand zurück. Der Tod tritt aber ein, wenn die Plasmolyse eine gewisse Grenze überschreitet, oder wenn die Zeit des Exponierens zu ausgedehnt ist.

Wesentlich anders ist der Einfluß, den freies Alkali, freie Säure, Alkohol, Äther, Kampfer, Terpentinöl, die meisten Alka-

loide usw. auf Pflanzen ausüben. Conwentz behandelte mit diesen Stoffen besonders die Zellen von Cladophora. Er fand dabei, daß das Protoplasma ebenfalls eine Kontraktion zeigte, daß aber der normale Zustand der Zelle durch sofortigen Zusatz von Wasser nicht wieder hergestellt werden konnte. Es handelt sich also hier um Stoffe, die schon infolge ihrer chemischen Eigentümlichkeit das Protoplasma töten. Terpentinöl, Äther und andere wasserfreie Stoffe vernichten die Zellen augenblicklich. Aus wässerigen Lösungen giftiger Substanzen nimmt das Protoplasma gewöhnlich zuerst Wasser und dann erst das tödlich wirkende Gift auf. Diese Tatsache macht das ungleiche Verhalten gegen verschiedene Gifte erklärlich.

Pfeffer[49]) führt über die physiologischen Vorgänge bei Vergiftungen folgendes aus: „Die Wirkung eines Giftes beruht wie die Wirkung eines Nähr- oder Reizstoffes auf der spezifischen Wechselwirkung zwischen dem hinzutretenden chemischen Agens und dem Protoplasten. Auch werden durch eine genügend geringe Giftmenge nur ungefährliche oder vielleicht sogar nutzbringende physiologische Reaktionen hervorgerufen.“ Ob ein chemischer Stoff, dessen Konstitution bekannt ist, eine günstige, schädliche oder neutrale Wirkung auf die Pflanzenzelle hervorzubringen fähig ist, können wir in den meisten Fällen nicht voraussagen, und zwar, wie Pfeffer[49]) bemerkt, infolge unserer ungenügenden Bekanntschaft mit dem chemischen und physikalischen Aufbau des Protoplasmas. Derselbe Forscher meint, daß die sichtbaren Vorgänge in der ganzen Pflanze und im Protoplasma nur Folgen von Reaktionen seien, die durch primäre Wechselwirkungen im Protoplasma veranlaßt werden. „In diese entscheidenden primären Wechselwirkungen“, fährt er fort, „haben wir auch in Bezug auf chemische Agentien (also auch in Bezug auf die Gifte) entweder gar keine oder doch nur eine ungenügende Einsicht.“

Hinsichtlich der differenten Resistenz verschiedener Pflanzen oder der Teile einer Pflanze gegen denselben Stoff sagt Klemm[29]): „Übrigens ist zu bedenken, daß dasselbe Agens, in demselben Maße zur Wirkung gebracht, nicht immer die gleichen Erscheinungen verursacht, nicht bei den Zellen verschiedener Pflanzen — das ist ohne weiteres einleuchtend — aber auch nicht bei Zellen derselben Art und derselben Pflanze, ja die einzelnen organischen Teile einer Zelle brauchen nicht

in gleicher Weise von ein und demselben Agens angegriffen zu werden. Diese Empfindlichkeit kann aber auch nach Zeit und Umständen an demselben Objekte verschieden sein. Es wird heute überwunden, was morgen bei veränderter Konstellation zur Todesursache wird."

Loew[36]) führt bezüglich der geringeren Schädlichkeit von Giften in verdünnteren Lösungen folgendes aus: „Bei Verdünnung der Lösungen von Giften nimmt bekanntlich die Schädlichkeit ab und zwar wohl weniger deshalb, weil jenseits einer gewissen Grenze der Verdünnung keine Einwirkung mehr stattfindet, sondern meistens mehr aus dem Grunde, weil die hervorgerufene Störung nur kleine Strecken des Protoplasmas betrifft und daher leicht von dem gesund gebliebenen Teile wieder repariert wird."

Pfeffer[49]) vermutet, daß die Säurewirkung, soweit diese von der Acidät abhängt, auf einer Salzbildung beruhe. Er meint, es würden jedenfalls durch die Säuren Stoffe beschlagnahmt, die mit den Proteïnsubstanzen in irgend einer Weise verbunden seien. „Jedenfalls", sagt er, „wird durch eine starke Säure schon bei großer Verdünnung im Protoplasma eine körnige Ausscheidung von Proteïnstoffen und eine Aufhebung der lebendigen Plasticität bewirkt." Detmer[13]) äußert sich: „Säuren, zumal Schwefelsäure, rufen in sehr verdünntem Zustande zwar eine lebhaftere Quellung der organisierten Gebilde als reines Wasser hervor, aber vernichten dieselben doch nicht." Hinsichtlich der beiden von mir benutzten Salze läßt sich derselbe Forscher folgendermaßen aus: „In verschiedenem Grade, aber unzweifelhaft giftig wirken ferner Chlornatrium, schwefelsaures Kupferoxyd usw. auf die Pflanzenzellen ein; indessen bleibt es ferneren Untersuchungen vorbehalten, die Erscheinungen, welche sich geltend machen, wenn jene genannten, sowie weitere Stoffe mit Pflanzen in Kontakt geraten, näher festzustellen und die den auftretenden Phänomenen zu Grunde liegenden Ursachen zu ermitteln."

Unter Beachtung der vorstehenden Gesichtspunkte erklären sich die in meinen Versuchen beobachteten Erscheinungen wahrscheinlich in folgender Weise. In den Fällen, wo die Keimung unterblieb, reichte die Konzentration der Gifte und ihre Einwirkungszeit aus, um die keimbildenden Zellen zu töten. Bei den meisten übrigen Versuchen war die Kon-

zentration zu schwach oder die Exposition zu kurz, um ein Absterben der entsprechenden Zellen hervorzubringen; es trat deshalb nur Minderung oder Verzögerung der Keimbildung ein. In einigen Fällen, in denen die Agentien sogar anregend auf die Keimbildung einwirkten, gilt jedenfalls das schon oben zitierte Wort Pfeffers[40]): „Auch werden durch eine genügend geringe Giftmenge nur ungefährliche oder vielleicht sogar nutzbringende physiologische Reaktionen hervorgerufen."

Die wiederholt in den Versuchsergebnissen aufgetretenen Eigentümlichkeiten, die die Konstatierung von Gesetzmäßigkeiten verbieten, finden durch die oben angeführten Äußerungen Klemms eine hinreichende Erklärung.

Weitergehende Erklärungen geben zu wollen, ist nach dem heutigen Standpunkte der Wissenschaft nicht möglich. Es gilt hier das Wort Nabokichs[41]): „Und zudem ist auch überhaupt das gesamte Problem von der Abhängigkeit des Wachstums von den chemischen und physikalischen Reizstoffen noch viel zu wenig erforscht, als daß man gegenwärtig tiefer in das Wesen der Reizungserscheinungen eindringen und für dieselben eine befriedigende Erklärung finden könnte."

III. Schluß.

Zum Schluß meiner Arbeit möchte ich darauf hinweisen, daß die durch meine Untersuchungen gefundenen Resultate noch durch weitere Experimente der Bestätigung bedürfen. Diese Versuche aber können erst im nächsten Winter durchgeführt werden, um auch den Einfluß der Jahreszeit komparabel zu haben. Ich behalte mir vor, sie dann auch noch in erweitertem Umfange, sowohl nach der Zahl der Agentien, als auch nach der Anzahl der Konzentrationsstufen und Expositionszeiten anzustellen; es wären auch die betreffenden Einwirkungen an anderen Zeitpunkten der Überwinterungsperiode zu untersuchen.

Verzeichnis der benutzten Literatur.

[1]) Andrée, Salzabscheidungen durch die Blätter.
Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft. 1885. pag. 313.

[2]) Beilstein, Handbuch der organischen Chemie. 1893—09. 3. Aufl.

[3]) Bernard, Leçon sur les effets des substances toxiques et médicamenteuses. Paris, 1883.

[4]) Böhm, Über den Einfluß verschiedener Salze auf Keimpflanzen der Feuerbohne.
Sitzungsbericht der Wiener Akademie vom 24. 7. 1873.

[5]) Böttger, Buch der Natur. Abteilung Chemie. Braunschweig, 1899.

[6]) Boussingault, Agronomie, chimie agricole et physiologique. Paris, 1860.

[7]) Boussingault, Die Landwirtschaft in ihren Beziehungen zur Chemie, Physik und Meteorologie.
Deutsch von Gräger. Halle, 1851—56.

[8]) de Candolle, Physiologie végétable. Paris, 1832.

[9]) Conwentz, Über das Verhältnis des Kampfers und ähnlich wirkender Stoffe zum Leben der Pflanze.
Botanische Zeitung. 1874. p. 402.

[10]) Dammer, Handbuch der anorganischen Chemie. Stuttgart, 1903. 4. Bd.

[11]) Davy, Elements of Agricultural Chemistry. London, 1821. 3. Aufl.

[12]) Demoor, Contribution à l'étude de la physiologie de la cellule.
Archives de Biologie. 1894. p. 163.

[13]) Detmer, Das pflanzenphysiologische Praktikum. Jena, 1895. 2. Aufl.

[13a]) Eulenberg, Die Lehre von den schädlichen und giftigen Gasen. Braunschweig, 1865.

[14]) Ewert, Der wechselseitige Einfluß des Lichtes und der Kupferkalkbrühe auf den Stoffwechsel der Pflanzen.
Landwirtschaftliche Jahrbücher. 1905. p. 233.

[15]) Frank, Die Krankheiten der Pflanzen. Breslau, 1895. 1. Bd. 2. Aufl.

[16]) Frank und Krüger, Über den direkten Einfluß der Kupfer-Vitriol-Kalk-Brühe auf die Kartoffelpflanze.
Arbeiten der deutschen Landwirtschaftsgesellschaft. Prenzlau, 1894. Hft. 2.

[17]) Franz, Studien an der Kartoffelknolle. Göttingen, 1873. (Diss.)

[18]) Giglioli, Resistenza dei semi e specialmente dei semi di medica, all'azione prolungata di agenti chimici gassosi e liquidi. Gazetta chimica italiana. 1879. p. 477.

[19]) Girard, Recherches sur la culture de la pomme de terre. Paris, 1891.

[20]) Haberlandt, Physiologische Pflanzenanatomie. Leipzig, 1909. 4. Aufl.

[21]) Hansteen, Über das Verhalten der Kulturpflanzen zu den Bodensalzen. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. 1910. Bd. 47. p. 302.

[22]) Hartig und Schütze, Lehrbuch der Baumkrankheiten. Berlin, 1889. 2. Aufl. p. 250.

[23]) Hollemann, Lehrbuch der unorganischen Chemie. Leipzig, 1908. 6. Aufl.
[24]) Ingenhousz, Versuche mit Pflanzen. Übersetzt von Scherer. Wien, 1786.
[25]) Jenty, Sur l'influence de la pression partiale de l'acide carbonique dans l'air souterrain sur la végétation. Cracovie, 1892.
[26]) John, Über die Ernährung der Pflanzen. Berlin, 1819.
[27]) Kellermann, Die Kartoffelpflanze. Göttingen, 1877.
[28]) v. Kerner, Das Pflanzenleben. Leipzig und Wien, 1890. 1. Bd.
[29]) Klemm, Desorganisationserscheinungen der Zelle.
Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. 1895. Bd. 28. p. 627.
[30]) Knop, Lehrbuch der Agrikulturchemie. Leipzig, 1868.
[31]) Krauch, Die Prüfung der chemischen Reagentien auf Reinheit. Berlin, 1896. 3. Aufl.
[32]) Kudelka, Über den Einfluß der Kupfervitriollösung auf die Keimfähigkeit des gequellten Weizens.
Biedermanns Zentralblatt für Agrikulturchemie. 1876. Bd. 10. p. 192.
[33]) Kühn, Berichte über Kartoffelbauversuche. Dresden, 1888.
[34]) Leunis, Synopsis der Pflanzenkunde. Bearbeitet von Frank. Hannover, 1883. 3. Aufl.
[35]) Linossier, Influence de l'oxyde de carbone sur la germination.
Compt. rend. hebdom. de séances et mémoires de la société de biologie. 1888. Zitiert nach Seeländer.
[36]) Loew, Über den verschiedenen Resistenzgrad im Protoplasma. München, 1884.
[37]) Loew, Natürliches System der Giftwirkung. München, 1893.
[38]) Lopriore, Über den Einfluß der Kohlensäure auf das Protoplasma der lebenden Pflanzenzelle.
Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. 1895. Bd. 28. p. 531.
[39]) Marcacci, Le mécanisme de la mort dans l'empoisonnement par l'oxyde de carbone. Paris, 1853.
[40]) Mayer, Ad., Über die Verteilung der diastatischen Enzyme in der Kartoffelpflanze.
Journal für Landwirtschaft. 1900. Hft. 1. p. 67.
[41]) Meyers Konversationslexikon. Leipzig und Wien, 1896. Bd. 9. p. 975.
[42]) Montemartini, Sull' influenza di atmosfere ricche di biossido di carbonio sopra lo sviluppo e la struttura delle foglie. Pavia, 1892.
[43]) Müller-Thurgau, Stoffwechsel in stärkehaltigen Pflanzenorganen.
Botanisches Zentralblatt. 1882. Bd. 9,2. p. 198.
[44]) Nabokich, Über Wachstumsreize.
Botanisches Zentralblatt. 1910. Bd. 26,1. p. 141.
[45]) Neßler, Einfluß der Stärke verschiedener Lösungen auf das Keimen der Samen.
Zentralblatt für Agrikulturchemie. 1877, II. p. 125.
[46]) Neuerfundene Methode, Kartoffeln zu konservieren, daß sie im Frühjahre ebenso wohlschmeckend und mehlig sind, wie im Herbste. Von einem Arzte. Melle, 1871.
[47]) Nobbe, Über die Zu- und Abnahme des Stärkegehalts der Kartoffelknolle.
Die landwirtschaftlichen Versuchsstationen. 1865. Bd. 7. p. 451.

[48]) Otto, Untersuchungen über das Verhalten von Pflanzenwurzeln gegen Kupfersalzlösungen.
Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten. 1893. Bd. 3. p. 322.
[49]) Pfeffer, Pflanzenphysiologie. Leipzig, 1897. 2. Aufl.
[50]) Remy, Der Kartoffelbau. Berlin. 1901.
[51]) Richards und Mac Dougal, The influence of carbon monoxide upon plants.
Bull. of the Torrey Botanical Club. 1894. Zitiert nach Seeländer.
[52]) Rochleder, Phytochemie. Leipzig, 1854.
[53]) Rüder, Versuche über die Keimfähigkeit der Kartoffeln aus Vorräten, die von der Zellenschwindsucht stark heimgesucht wurden. Königsberg, 1846.
[54]) Sachs, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. Leipzig, 1882.
[55]) de Saussure, Recherches chimiques sur la végétation. Paris, 1804.
[56]) de Saussure, Chemische Untersuchungen über die Vegetation. Übersetzt von Wieler. Leipzig, 1890.
[57]) Saver, Zitiert nach: Werner, Der Kartoffelbau. Berlin, 1911. 6. Aufl. p. 83.
[58]) Schleichert, Anleitung zu botanischen Beobachtungen und pflanzenphysiologischen Experimenten. Langensalza, 1894. 2. Aufl.
[59]) Seeländer, Untersuchungen über die Wirkung des Kohlenoxyds auf Pflanzen. Berlin, 1909. (Diss.)
[60]) Sorauer, Beiträge zur Keimungsgeschichte der Kartoffelknolle. Berlin, 1868.
[61]) Sorauer. Handbuch der Pflanzenkrankheiten. Berlin, 1905. 2. Aufl. Tl. 1.
[62]) Storp, Über den Einfluß von Kochsalz- und Zinksulfat-haltigem Wasser auf Boden und Pflanzen.
Landwirtschaftliche Jahrbücher. 1883. p. 811.
[63]) Strasburger, Noll, Schenck und Karsten, Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. Jena, 1908. 9. Aufl.
[64]) v. Tautphoeus, Die Keimung der Samen bei verschiedener Beschaffenheit derselben.
Zitiert nach Wollny, Saat und Pflege der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Berlin, 1885.
[65]) Traedwell, Lehrbuch der analytischen Chemie. Leipzig und Wien, 1908. 6. Aufl.
[66]) Werner, Der Kartoffelbau. Berlin, 1911. 6. Aufl.
[67]) Wollny, Untersuchungen über den Gewichtsverlust und einige morphologische Veränderungen der Kartoffelknollen bei der Aufbewahrung im Keller. Forsch. aus dem Gebiete der Agrikulturphysik. 1891. Hft. 3 u. 4.
[68]) Wollny, Saat und Pflege der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Berlin, 1885.

Lebenslauf.

Ich, Emil Gustav Nicklisch, evangelischer Konfession, Sohn des Rentiers Carl Nicklisch und seiner Ehefrau Hermine, geb. Mütze, bin geboren am 24. September 1872 zu Lindenau, Kreis Hoyerswerda. Ich bin Preuße.

Ich besuchte das Königliche Lehrerseminar zu Koschmin, Prov. Posen, in den Jahren 1889—1892 und legte die erste und zweite Lehrerprüfung, die Mittelschullehrerprüfung, die Rektorenprüfung für Volksschulen, die Rektorenprüfung für Schulen mit fremdsprachlichem Unterricht, die Reifeprüfung an der Königlichen Berger-Oberrealschule in Posen und die Oberlehrerprüfung in Mathematik, Chemie, Mineralogie, Botanik und Zoologie in Berlin ab. Die Studien zur letztgenannten Prüfung machte ich in 8 Semestern an der Universität Berlin.

Gegenwärtig verwalte ich eine Oberlehrerstelle an dem Oberlyzeum in Berlin-Weißensee; vorher amtierte ich an verschiedenen Volksschulen und an der Luisenschule (städt. Lyzeum) in Berlin.

Meine hochverehrten Universitätslehrer waren die Herren Professoren: Ascherson, Bartels, du Bois-Reymond, Boruttau, Brauer, Buchner, Claußen, Dessoir, Engler, Erdmann, E. Fischer, F. Fischer, Fock, Friedenthal, Großmann, Haberlandt, Heymons, van't Hoff, Holtermann, Landau, Lasson, Lehmann, Liebisch, Lindau, Löb, W. Magnus, R. Meyer, Meyerhoffer, Nernst, Pinner, Potonié, Ruhland, Rupp, A. Schmidt, F. E. Schulze, Schwarz, Schwendener, Simmel, Sorauer, Stock, Stumpf, Virchow, Wahnschaffe.

Allen diesen Herren bin ich zu großem Danke verpflichtet, ebenso den Herren Professoren Solereder, O. Fischer und Roemer, die mich im Doktorexamen prüften.

3 0112 072898262